



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Rendimiento del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) en la reducción de carga orgánica y *escherichia coli* en las aguas del Río Pisco 2018”

### TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

**AUTOR:**

ALBUJAR QUISPE, JOSSEP HERNAN

**ASESOR:**

DR. JUAN JULIO ORDOÑEZ GÁLVEZ

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA — PERÚ

Año 2018 – I

**TESIS:**

“Rendimiento del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) en la reducción de carga orgánica y *escherichia coli* en las aguas del Río Pisco 2018”

**AUTOR:**

Albujar Quispe, Jossep Hernan.

**Dr. Chávez Leandro, Abner**

**PRESIDENTE**

-----

**Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**

**VOCAL**

-----

**Dr. Alcántara Bosa, Alejandro**

**SECRETARIO**

-----

## **Dedicatoria**

Este logro va dedicado a Dios por permitirme estar en este mundo y darme las fuerzas para seguir adelante en futuros proyectos, a mis padres Albujar Estrada, Hernan y Quispe Salazar, Doris por su gran esfuerzo, por creer en mí y motivarme para seguir adelante, a mi abuela Salazar Abanto, Candelaria y a mis hermanos Albujar Quispe, Karol y Salazar Quispe, Jorge Luis que estuvieron en los malos y buenos momentos.

### **Agradecimiento**

Le doy gracias a Dios por todas las bendiciones recibidas, por haber puesto en mi camino académico a especiales personas.

A la Universidad César Vallejo mi alma mater por recibirme como alumno para poder estudiar mi carrera.

Mi agradecimiento al Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez mi asesor de tesis, quien fue pieza clave en la presente investigación y me brindo sus conocimientos.

Agradezco al Qco. Walter Nuñez Pebe, al téc. Hitler Román Pérez y a la Ing. Doris Pamela Quispe Espinoza por su gran ayuda y conocimientos brindados muy importantes para el desarrollo de mi investigación.



## **Declaración jurada de autenticidad**

Yo Albujar Quispe, Jossep Hernan identificado con DNI: 47327449, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, me presento con la tesis titulada “Rendimiento del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) en la reducción de carga orgánica y *escherichia coli* en las aguas del Río Pisco 2018”

Declaro bajo juramento que:

La tesis es de mi auditoria y que toda la documentación, datos e información que acompaño es veraz y autentica.

Por lo que asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, u ocultamiento u omisión tanto en los documentos como información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 11 de Junio del 2018.

-----  
Albujar Quispe, Jossep Hernan  
DNI: 47327449

## Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento a las normas establecidas en la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental, pongo a su disposición la tesis titulada “Rendimiento del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) en la reducción de carga orgánica y *escherichia coli* en las aguas del Río Pisco 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero cumpla con los requisitos de aprobación.

El investigador.

## ÍNDICE

Pagina de Jurado .....	I
Dedicatoria .....	II
Agradecimiento.....	III
Declaración de autenticidad .....	IV
Presentación.....	V
Índice .....	VI
RESUMEN.....	XIV
ABSTRAC.....	XV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática .....	2
1.2 Trabajos previos .....	3
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	13
1.3.1 Marco teórico .....	13
1.3.2 Marco conceptual .....	29
1.4 Formulación del problema .....	33
1.4.1 Problema General.....	33
1.4.2 Problemas Específicos .....	34
1.5 Justificación del estudio.....	34
1.6 Hipótesis .....	35
1.6.1 Hipótesis General .....	35
1.6.2 Hipótesis Específicas.....	35
1.7 Objetivos.....	36
1.7.1 Objetivo General.....	36
1.7.2 Objetivos Específicos .....	36
II. MÉTODO .....	37
2.1 Diseño de investigación.....	37
2.2 Operacionalización de variables .....	39

2.3 Población.....	41
2.4 Técnica e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad ...	42
2.4.1 Técnica .....	42
2.4.2 Instrumento.....	43
2.4.3 Validez y confiabilidad del instrumento.....	43
2.5 Método de análisis del desarrollo del proyecto de tesis.....	44
2.6 Método de análisis de datos .....	51
2.7 Aspectos éticos.....	52
III. RESULTADOS .....	52
3.1 Evaluación en la reducción de la Demanda Química de Oxígeno.....	52
3.2 Evaluación en la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	57
3.3 Evaluación en la reducción de la Bacteria <i>Escherichia Coli</i> .....	62
3.4 Evaluación en el equilibrio del Oxígeno Disuelto.....	70
3.5 Evaluación en la reducción de Turbidez .....	72
3.6 Evaluación en el equilibrio de la Temperatura.....	75
3.7 Evaluación en el equilibrio del Potencial Hidrógeno .....	77
3.8 Evaluación en el equilibrio de la Conductividad.....	80
IV. DISCUSIÓN .....	83
V. CONCLUSIONES.....	85
VI. RECOMENDACIONES .....	86
VII.REFERENCIAS.....	87
ANEXOS.....	98

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1:Ficha de Observación.....	98
Anexo 2:Cadena de custodia.....	99
Anexo 3:Matriz de consistencia .....	100
Anexo 4:Coagulante en polvo ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) .....	102
Anexo 5:Resultados punto 1 de muestreo.....	108
Anexo 6:Resultados punto 2 de muestreo.....	109
Anexo 7:Resultados punto 3 de muestreo.....	110
Anexo 8:Resultados Pre -Tratamiento Microbiológico .....	111
Anexo 9:Resultados Post -Tratamiento pH.....	112
Anexo 10:Resultados Post-Tratamiento Turbidez .....	113
Anexo 11:Resultados Post -Tratamiento Temperatura.....	114
Anexo 12:Resultados Post -Tratamiento Conductividad.....	115
Anexo 13:Resultados Post -Tratamiento Oxígeno Disuelto.....	116
Anexo 14:Resultados Post -Tratamiento Demanda Química de Oxígeno ....	117
Anexo 15:Resultados Post -Tratamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno	118
Anexo 16:Resultados Post -Tratamiento <i>E. Coli</i> .....	119
Anexo 17:Resultados de Espectroscopia UV/VIS (AgNPs) .....	120
Anexo 18:Resultado Espectrometría de absorción atómica (AgNPs).....	121
Anexo 19:Resultados Análisis Foliar del nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) .....	122
Anexo 20:Resultados Fisicoquímicos del nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ).....	123
Anexo 21:Certificados de calibración de equipos .....	124

## LISTADO DE TABLAS

Tabla N°1: Parámetros ECA D.S. N°004 - 217 MINAM, Categoría 3: D1 .....	15
Tabla N°2: Taxonomía ( <i>Opuntia ficus –indica</i> ) .....	17
Tabla N°3: Análisis Bifactorial - Concentración por velocidad de rotación.....	37
Tabla N°4: Diseño Bifactorial Concentración por velocidad de rotación .....	38
Tabla N°5. Repartición de muestras de agua ( <i>Opuntia ficus – indica</i> ) .....	42
Tabla N°6. Diluciones aleatorias para la Demanda Química de Oxígeno .....	49
Tabla N°7. Métodos normalizados 5220 Demanda Química de Oxígeno .....	49
Tabla N°8. Patrones Bifactorial de potasio Demanda Química de Oxígeno.....	49
Tabla N°9. Diluciones exponenciales Demanda Química de Oxígeno .....	51
Tabla N°10 Resultados de las pruebas - Demanda Química de Oxígeno.....	52
Tabla N°11 Resultados porcentuales - Demanda Química de Oxígeno.....	52
Tabla N°12 Factores inter-sujetos Demanda Química de Oxígeno .....	54
Tabla N°13 Prueba de efectos inter-sujetos Demanda Química de Oxígeno .	54
Tabla N°14 HSD Tukey Velocidad (RPM) - Demanda Química de Oxígeno ..	55
Tabla N°15 HSD Tukey Concentración - Demanda Química de Oxígeno .....	55
Tabla N°16 Comparación de medias - Demanda Química de Oxígeno .....	56
Tabla N°17 Resultados de las pruebas - Demanda Bioquímica de Oxígeno	57
Tabla N°18 Resultados porcentuales - Demanda Bioquímica de Oxígeno ....	57
Tabla N°19 Factores inter-sujetos Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	58
Tabla N°20 Prueba efectos inter-sujetos Demanda Bioquímica de Oxígeno..	59
Tabla N°21 HSD Tukey Velocidad (RPM)-Demanda Bioquímica de Oxígeno.	60
Tabla N°22 HSD Tukey Concentración - Demanda Bioquímica de Oxígeno..	60
Tabla N°23 Comparación de medias - Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	61
Tabla N°24 Resultados de las pruebas - <i>Escherichia Coli</i> .....	62
Tabla N°25 Resultados porcentuales - <i>Escherichia Coli</i> .....	62
Tabla N°26 Factores inter-sujetos - <i>Escherichia Coli</i> .....	63
Tabla N°27 Prueba efectos inter-sujetos <i>Escherichia Coli</i> .....	64
Tabla N°28 HSD Tukey Velocidad (RPM) - <i>Escherichia Coli</i> .....	65

Tabla N°29 HSD Tukey Concentración - <i>Escherichia Coli</i> .....	65
Tabla N°30 HSD Tukey Dilución - <i>Escherichia Coli</i> .....	66
Tabla N°31 Comparación de medias - <i>Escherichia Coli</i> (20 rpm x 1).....	66
Tabla N°32 Comparación de medias - <i>Escherichia Coli</i> (20 rpm x 0.1).....	67
Tabla N°33 Comparación de medias - <i>Escherichia Coli</i> (20 rpm x 0.01).....	67
Tabla N°34 Comparación de medias - <i>Escherichia Coli</i> (30 rpm x 1).....	67
Tabla N°35 Comparación de medias - <i>Escherichia Coli</i> (30 rpm x 0.1).....	68
Tabla N°36 Comparación de medias - <i>Escherichia Coli</i> (30 rpm x 0.01).....	68
Tabla N°37 Comparación de medias - <i>Escherichia Coli</i> (40 rpm x 1).....	68
Tabla N°38. Comparación de medias - <i>Escherichia Coli</i> (40 rpm x 0.1).....	69
Tabla N°39 Comparación de medias - <i>Escherichia Coli</i> (40 rpm x 0.01).....	69
Tabla N°40 Resultados de las pruebas - Oxígeno Disuelto.....	70
Tabla N°41 Resultados porcentuales - Oxígeno Disuelto.....	70
Tabla N°42 HSD Tukey Velocidad (RPM) - Oxígeno Disuelto.....	71
Tabla N°43 HSD Tukey Concentración - Oxígeno Disuelto.....	72
Tabla N°44 Resultados de las pruebas - Turbidez .....	72
Tabla N°45 Resultados porcentuales - Turbidez .....	73
Tabla N°46 HSD Tukey Velocidad (RPM) - Turbidez .....	74
Tabla N°47 HSD Tukey Concentración - Turbidez .....	74
Tabla N°48 Resultados de las pruebas - Temperatura.....	75
Tabla N°49 Resultados porcentuales - Temperatura.....	75
Tabla N°50 HSD Tukey Velocidad (RPM) - Temperatura.....	76
Tabla N°51 HSD Tukey Concentración - Temperatura.....	77
Tabla N°52 Resultados de las pruebas - Potencial Hidrógeno.....	77
Tabla N°53 Resultados porcentuales - Potencial Hidrógeno.....	78
Tabla N°54 HSD Tukey Velocidad (RPM) - Potencial Hidrógeno .....	79
Tabla N°55 HSD Tukey Concentración - Potencial Hidrógeno .....	79
Tabla N°56 Resultados de las pruebas - Conductividad .....	80
Tabla N°57 Resultados porcentuales - Conductividad .....	80
Tabla N°58 HSD Tukey Velocidad (RPM) - Conductividad.....	81
Tabla N°59 HSD Tukey Concentración - Conductividad.....	82

## LISTADO DE FIGURAS

Figura N°1: Mapa de localización del Río Pisco .....	14
Figura N°2: Mapa de delimitación del Río Pisco – Cabeza de Toro .....	14
Figura N°3: Mapa de estación de monitoreo Río Pisco .....	15
Figura N°4: Desarrollo del proceso de coagulación – floculación .....	19
Figura N°5: Nanopartículas de plata como biocida .....	24
Figura N°6: Ecuación Ley de <i>Beer</i> .....	25
Figura N°7: Esquema del espectrofotómetro UV-VIS .....	26
Figura N°8: Esquema de la absorción atómica de llama .....	27
Figura N°9: Esquema de microscopía electrónica SEM .....	28
Figura N°10: Proceso para la extracción del nopal ( <i>Opuntia-ficus indica</i> ) ...	44
Figura N°11: Prueba de jarras - ( <i>Opuntia - ficus indica</i> ) con AgNPs .....	45



## TABLA DE GRÁFICAS

Gráfico N°1: Resultados Demanda Química de Oxígeno .....	53
Gráfico N°2: Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	58
Gráfico N°3: Resultados <i>Escherichia Coli</i> .....	63
Gráfico N°4: Resultados Oxígeno Disuelto.....	71
Gráfico N°5: Resultados Turbidez .....	73
Gráfico N°6: Resultados Temperatura.....	76
Gráfico N°7: Resultados Potencial Hidrógeno .....	78
Gráfico N°8: Resultados Conductividad.....	79

## RESUMEN

La presente investigación se realizó mediante un diseño experimental, donde se indagó la solución a la problemática existente en las aguas del Río Pisco, localizado en la Comunidad Cabeza de Toro en el distrito de Independencia. Dichas aguas se caracterizaron por poseer un elevado contenido de materia orgánica, que puede ser evidenciado en los altos niveles respecto a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (DBO5, DQO, oxígeno disuelto, turbidez, pH, conductividad, temperatura y *eschericha coli*). Asimismo se aplicó el nopal (*Opuntia ficus - indica*) extraído en polvo, el cual actuó como coagulante natural a 3 dosis diferentes (0.5, 0.7 y 0.9 g/l) más la adición de nanopartículas de plata (AgNPs) como un potencial biocida (0.5 ml) a velocidades de agitación (20, 30 y 40 rpm), el estudio fue realizado a nivel laboratorio para analizar la disminución de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mencionados anteriormente. Se determinó que el coagulante en polvo extraído del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) reducen considerablemente dichos parámetros iniciales con los resultados finales, variando en la aplicación de las dosis y velocidades de rotación. El tratamiento que permitió la mayor eficiencia en la reducción de (DBO5, DQO y *Escherichia coli*) fue (0.7 mg/l a 20 rpm) reduciendo en (56.88 %, 69.07 % y 100%) respectivamente.

Palabras Claves: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), *Escherichia coli*, Oxígeno Disuelto (OD), coagulante.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out by means of an experimental design, where the solution was investigated to the problematic existing in the waters of the Pisco River, located in the Cabeza de Toro Community in the district of Independencia. These waters were characterized by having a high content of organic matter, which can be evidenced at high levels with respect to physicochemical and microbiological parameters (DBO5, DQO, dissolved oxygen, turbidity, pH, conductivity, temperature and *Escherichia Coli*). Likewise, nopal (*Opuntia ficus - indica*) extracted in powder was applied, which acted as a natural coagulant at 3 different doses (0.5, 0.7 and 0.9 g / l) plus the addition of silver nanoparticles (AgNPs) as a potential biocide (0.5 ml) at shaking speeds (20, 30 and 40 rpm), the study was carried out at the laboratory level to analyze the decrease of the physicochemical and microbiological parameters mentioned above. It was determined that the powder coagulant extracted from the cactus (*Opuntia ficus - indica*) with silver nanoparticles (AgNPs) considerably reduce said initial parameters with the final results, varying in the application of the doses and speeds of agitation. The treatment that allowed the highest efficiency in the reduction of (DBO5, DQO and *Escherichia coli*) was (0.7 mg/l at 20 rpm) reducing in (56.88%, 69.07% and 100%) respectively.

Key words: Chemical Oxygen Demand (DQO), Biological Oxygen Demand (DBO5), *Escherichia coli*, Dissolved Oxygen, Coagulant.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en la mayoría de poblaciones del mundo, la demanda de fuentes hídricas va en aumento, a pesar de presentar elevadas propiedades tanto físicas, químicas como biológicas, debido a la carga orgánica de las aguas, las cuales no son aptas para el riego de cultivos, por esta razón se requiere cumplir los estándares nacionales de calidad de agua, respaldando que no presenten impurezas.

Las corrientes de agua vienen afectando negativamente la salud humana y medio ambiente por la contaminación del hombre, por esta razón se busca el desarrollo de nuevas técnicas para el tratamiento de aguas, los cuales sean eficientes, amigables con el medio ambiente y económicamente bajos. La etapa fundamental en el tratamiento de aguas es la coagulación, ya que sin la desestabilización de partículas no se ejecutaría el tratamiento en posteriores etapas. Actualmente las sales más utilizadas son el hierro (Fe) y aluminio (Al), alterando el pH y dejando lodos residuales (Manahan, 2007).

Para el reemplazo de los coagulantes metálicos, se formuló el empleo de coagulantes de origen natural los cuales contienen polielectrolitos naturales, ya sea de especies animales como vegetales, asimismo son materias primas de bajo costo y son empleados en la reducción de carga orgánica (Oladoja, et al. 2017).

El objetivo primordial de esta investigación es determinar el rendimiento del coagulante en polvo del nopal (*Opuntia ficus – indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) para la reducción de carga orgánica y *Escherichia Coli* en las aguas del Río Pisco, del mismo modo se pretende aportar en indagaciones futuras para analizar la viabilidad del coagulante en conjunto con las nanopartículas de plata (AgNPs) aplicado en la industria del tratamiento de aguas para el riego de cultivos.

## 1.1 Realidad problemática

A medida que transcurre el tiempo la demanda de agua en las poblaciones del mundo va en aumento, la contaminación de fuentes hídricas se ven afectadas principalmente por la contaminación del hombre (Vandana, 2004).

Debido a la escasez e importancia del agua en la comunidad Cabeza de Toro Pisco - Perú, los pobladores buscan la manera de tratar las aguas provenientes del Río Pisco, mediante métodos nativos como la aplicación del nopal (*Opuntia ficus - indica*) en la remoción de carga orgánica : DBO5, DQO, *escherichia coli*, oxígeno disuelto presente en el agua, empleado en el riego de cultivos, sin embargo la inadecuada aplicación no logra cumplir los estándares de calidad ambiental D.S 004 - 2017 categoría 3 - D1, por esta razón se realizó alternativas que beneficien al medio ambiente, opten por bajos costos y sean eficientes (Sáenz, 2006).

Estudios realizados en las aguas provenientes del Río Pisco se evidenció en 3 puntos del Río a 100 m de distancia, un elevado DBO5 en el rango de 22.00 a 24.10 mg/l asimismo una DQO de 76.40 a 89.15 mg/l y *Escherichia Coli* > 300 UFC, el servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI) manifestó el límite dado de oxígeno disuelto de 4 mg/l en el Río Pisco – Letrayoc.

Debido a lo expuesto anteriormente, se lleva a cabo la búsqueda de coagulantes naturales, con similares propiedades a los coagulantes metálicos como el sulfato de aluminio  $Al_2 (SO_4)_3$ , en conjunto de biocidas que sean amigables con el medio ambiente, opten por bajos costos y sean eficientes en la remoción de carga orgánica y *Escherichia Coli* en las aguas tratadas. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2006). Es por ello que en la presente investigación se enuncia la siguiente problemática: ¿Cuál es la rendimiento del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) para la reducción de carga orgánica y *Escherichia coli* en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos?

## 1.2 Trabajos previos

Según FLORES, C. (2014). Lima. Desarrolló una investigación exploratoria para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del camal municipal de Andahuaylas mediante la floculación. El objetivo de esta investigación fue estimar los resultados del almidón de papa y el mucílago en la determinación de dimensiones en el proceso de floculación de las aguas mencionadas, por esta razón se examinó el potencial del coagulante de la tuna (nopal) tanto como el almidón (papa), para realizar el modelo estadístico se tomó 45 muestras de 1 litro, las velocidades de agitación 150 rpm en un tiempo determinado de 3 minutos, seguidamente a 25 rpm durante un tiempo de 12 minutos, reposando adicionalmente 12 minutos más, a partir de los respectivos ensayos se buscó la dosis óptima para la reducción de floc al punto máximo. Los resultados obtenidos presentaron las siguientes dosis óptimas de mucílago, las cuales fueron 52.40 ml y 0.88g de almidón logrando una remoción de floc de 91.6%, en conclusión, mientras aumenta la dosis de almidón sucede lo opuesto con las concentraciones de mucílago, es por ello que se encontró la dosis óptima para el tratamiento de aguas residuales.

Según TEJADA, B. (2015). Moquegua. En la Universidad Carlos Mariátegui llevó a cabo una investigación experimental para el enriquecimiento de la calidad de las aguas provenientes del canal de Santa Rosa poblado de San Antonio, por ello se planteó realizar el método de ensayo de jarras aplicando el coagulante del mucílago (*Opuntia ficus - indica*). El objetivo de la actual investigación tuvo como finalidad precisar la dosis óptima del coagulante nativo (nopal) en la clarificación de aguas. Para la ejecución de la presente investigación se aplicó aleatoriamente un diseño experimental. Las muestras recolectadas en total fueron 15 (1L). Los cladodios empleados pesaron 2410 gr, al extraer el mucílago se obtuvo un nuevo peso de 1510 gr, al aplicar el coagulante en las muestras de agua se aplicó diferentes dosis (0.10, 0.15, 0.50, y 1 gr.), como resultado se logró remover el color (92%), demanda química de oxígeno (85%), turbidez (30%). En conclusión se descubrió la capacidad coagulante del nopal (*Opuntia ficus - indica*) en la remoción de los parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto, color y con poca eficiencia en la turbidez, cabe resaltar sin alterar el pH de las aguas del canal de Santa Rosa.

Según APAZA, H. (2013). Desarrolló un análisis experimental en el tratamiento de aguas provenientes del Río Chili, Arequipa para el regadío de cultivos, por esta razón se propuso utilizar como agente coagulante el mucílago de nopal a diferentes dosis de concentración en las pruebas ejecutadas en el laboratorio de investigación, para la remoción sobre la demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO5) y turbidez. El objetivo de la investigación es tratar las aguas adulteradas de impurezas, mediante un tratamiento amigable con el medio ambiente para el reaprovechamiento de las aguas. La investigación comenzó mediante el test de jarras utilizando 6 vasos de 500 ml, aplicando en cada uno 20 ml de extracto de mucílago en 250 ml de agua, empleando durante 3 minutos una velocidad de rotación de 150 rpm, posteriormente una velocidad constante de 50 rpm durante 18 minutos, para luego reposar en un periodo de 20 horas. Los resultados obtenidos fueron 82% de remoción de turbidez, 70 % (DQO) y 75% (DBO5). En conclusión, el mucílago extraído del nopal es eficiente en el tratamiento de aguas para ser reaprovechadas en el cultivo.

Según LOZADA, M. (2015). Realizó una investigación experimental en relación al tiempo y variación de temperatura en el rendimiento de extracción y aspecto de color del mucílago de la tuna (*Opuntia ficus - indica*), (La Libertad, Trujillo), por ello realizó un análisis aleatorio 2 x 3 (factorial) por triplicado dando como resultado 18 muestras, la variación del tiempo para extraer el coagulante del nopal fue el siguiente (20, 40 y 60 min), los índices de temperatura fueron (90 y 70 ° C). El objetivo de la investigación radicó en la búsqueda del punto de equilibrio exacto referente a la temperatura y tiempo, para sacar provecho del mejor rendimiento y color del mucílago extraído del nopal. El proceso de extracción del mucílago fue realizado por las siguientes etapas: selección de los cladodios, lavado, extracción de espinas, cortado, molienda combinación de tuna y agua destilada (1:2), extracción en relación (temperatura – tiempo), centrifugación dado a 3500 rpm durante 30 minutos, concentración, precipitación mediante etanol al 96 % (1:4), refrigeración 4°C durante 2 días, filtración, deshidratación y molienda. Los resultados sobre el mejor rendimiento de extracción y color de la tuna en relación de temperatura y tiempo fueron de 1,9 % del peso inicial del mucílago a una temperatura de 70 °C y tiempo de 60 minutos. En conclusión, el punto de equilibrio

encontrado en el rendimiento y color del mucílago es factible en minimizar costos en futuros proyectos.

Según QUISPE, H. (2012). Realizó una investigación experimental y aplicada corroborando la eficacia del mucílago extraído de nopal, para su respectivo empleo como clarificante ecológico de aguas turbias del (Río Uchusuma, Tacna), por ello se ejecutó 2 métodos de extracción del polímero natural extraído del nopal, el primer método fue realizando directamente una maceración, el segundo método fue realizado mediante los procedimientos principales de molienda, secado, filtración. El objetivo de la reciente investigación fue determinar el poder coagulante del nopal (*Opuntia ficus - indica*) en la remoción y clarificación de las aguas tratadas del Río Uchusuma. Para el desarrollo de la investigación se inició con el primer método, el cual se combinó en una probeta 300 ml (Oxido Dihidrogenado y 100 gr. De mucílago) durante un periodo de 16 horas, seguidamente el segundo método fue de (secado, remoción de cutícula, molienda, licuación a 25 ° C, macerado durante 24 horas, filtrado, escaldado durante 8 minutos a 80 °C, precipitado añadiendo etanol 96 %, polímero natural - alcohol (1.3), secado y finalmente molienda obteniendo un polvo refinado 50 um. Los resultados obtenidos empleando el primer método respecto a la remoción de turbidez fue de 95,39%, el segundo método 41,10 %, la alteración de pH fue mínima 7,1. En conclusión la remoción de turbidez se logró satisfactoriamente aplicando el mucílago fresco, superando al método de extracción seca en la clarificación de aguas.

Según MARTÍNEZ, J. (2012). Colombia, Universidad de Cartagena. Realizó una investigación experimental tipo cuantitativa para analizar la eficacia en la remoción de color y turbidez de las aguas tratadas mediante el mucílago extraído de la planta (*Opuntia ficus - indica*), empleando factores como concentraciones de coagulante, tiempo, volumen, velocidades de agitación y variación de pH. El objetivo de la presente investigación fue analizar las dosis de coagulante extraído de la planta (*Opuntia ficus - indica*), en la reducción de color y turbidez de las aguas tratadas. Por ello se realizó los ensayos de jarra en los laboratorios de Energías Limpias y Medio Ambiente, se llevó a cabo los procesos de extracción del nopal (*Opuntia ficus - indica*) los cuales son: lavado, secado, cortado, secado a T°( 59 – 61 °C) durante



2 días triturado, tamizado, extracción de clorofila, desecado. Por cada muestra experimental se trabajó con 1 litro de agua recolectada del canal Dique, empleando 3 dosis de coagulante (50, 75 y 90 mg/l) y velocidades de rotación (20, 30 y 40 rpm) tanto para el análisis de turbidez como de color. Los mayores rendimientos en la remoción de turbidez fue 85.75 % y color fue de 57.14 % aplicando para ambos (50 mg/l – 40 rpm). En conclusión, los resultados obtenidos no lograron cumplir la normativa (1575, 20079), no obstante, se considera aceptable los resultados logrados como clarificante en el tratamiento de aguas, ya que hubiese logrado resultados mejores empleando la filtración.

Según URQUIA, C. (2017). Lima: Universidad César Vallejo. Desarrolló una investigación tipo experimental para analizar la mayor eficiencia entre el nopal (*Opuntia ficus – indica*) y semillas de (*Moringa Oleífera*) en la reducción de carga orgánica: DQO Y DBO5 como principales parámetros, en las aguas del Río Huaycoloro, distrito de San Juan de Lurigancho. El objetivo de la presente investigación fue determinar la mayor eficiencia entre los coagulantes naturales del nopal (*Opuntia ficus – indica*) y semillas de (*Moringa Oleífera*) para el tratamiento de aguas residuales, es por ello que la investigación se elaboró de la siguiente manera: se llevó a cabo los procesos de extracción del nopal (*Opuntia ficus - indica*) los cuales son : lavado, secado, cortado, secado a T° (60 °C) durante 2 días triturado, tamizado, extracción de clorofila, desecado, asimismo se empleó el test de jarras con la finalidad de encontrar el punto de equilibrio de la mejor remoción de carga orgánica para ambos coagulantes, aplicando 240 (rpm) durante 5 minutos, luego 60 (rpm) en 20 minutos y 60 minutos de sedimentación. Los resultados obtenidos para el nopal (*Opuntia ficus - indica*), DQO 1041002 mg/l a 62318 mg/l, DBO5 3700 mg/l a 24.7 mg/l, PH 7.49 a 7.64, turbidez 560 a 9.58 NTU, sólidos disueltos 300 gr/l a 34.33 gr/l, a su vez la (*Moringa Oleífera*) obtuvo DQO 104.1 mg/l a 37591 mg/l, DBO5 3700 mg/l a 25.9 mg/l, pH 7.29 a 7.64, turbidez 560 a 6.21 NTU, sólidos disueltos 300 gr/l a 30.33 gr/l, los datos obtenidos en ambos coagulantes son potencialmente efectivos, no obstante la *Moringa Oleífera*) tuvo un mayor porcentaje de remoción.

Según MOREJÓN, B. (2017). Elaboró una investigación experimental cuantitativa enfocado principalmente en los polímeros naturales contenidos en el nopal (*Opuntia ficus - indica*) propiamente, para ser aplicados en el tratamiento de aguas de la comunidad Pusir, removiendo sólidos suspendidos totales, dureza, turbidez, color. El objetivo de la actual investigación es examinar el poder de remoción del coagulante floculante extraído del nopal (*Opuntia ficus - indica*) para la clarificación de las aguas, es por ello que la presente investigación se desarrolló mediante la adquisición de datos en campo y laboratorio, se procedió a realizar el test de jarras, las dosis aplicadas de coagulante fueron las siguientes (25, 50, 70 y 100 ml) inversamente proporcional respecto al agua (100, 75, 50 y 25 ml), las revoluciones por minuto fueron las siguientes (100, 120 y 150 rpm) en un periodo de 5 minutos, para luego dejarla reposar a velocidad constante de 20 rpm durante un tiempo de 20 minutos y generar la formación de floc. Los resultados logrados fueron los siguientes se obtuvo una remoción de turbidez 94.11%, color 84.5 %, sólidos suspendidos totales 85 %, dureza 63.52 %, dado al punto equilibrio hallado el cual es 75 % de agua y 25 % de mucílago natural, respecto al pH se mantuvo. Como conclusión se reveló el poder coagulante floculante de la tuna (*Opuntia ficus - indica*) debido a la elevada viscosidad que propiamente tiene sedimentando las partículas de manera eficiente para la clarificación de las aguas.

Según MOLINA, E. (2016). Elaboró una investigación experimental de tipo cuantitativa el cual evaluó 4 compuestos en remoción sobre la demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales, conductividad, pH, turbidez, los cuales son Oleífera y  $(\text{CaOH})_2$ , fécula de yuca y  $(\text{NaOH})$ , Algas y  $(\text{CaCl}_2)$  y el nopal (*Opuntia ficus - indica*). El objetivo principal de la investigación fue reemplazar el sulfato de aluminio  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  por coagulantes naturales en la clarificación de aguas. Es por ello que se realizó los análisis respectivos de cada compuesto en métodos de ensayo, no obstante se obtuvo el coagulante en polvo de dichos compuestos mediante las etapas principales de cortado, lavado, secado a 110 °C durante un día finalmente pulverizado., los compuestos fueron equilibrados a 0.2 M, se realizaron en total 144 ensayos con dosis de (60, 80 ,100 ml/l), se aplicó una velocidad de agitación de 200 rpm durante 1 minuto, seguidamente una velocidad constante de 25 rpm en un tiempo de 25

minutos , finalmente se dejó reposar 30 minutos. Los resultados obtenidos en la mayor remoción de sólidos totales fue la olifeira de (810 a 580 mg/l), la (DQO) mínima fue para el sulfato de aluminio de (80 21.33 mg/l), Oxígeno disuelto siguió estable en todos los compuestos (6.06 – 7.81 mg/l), la conductividad no vario (83.63 – 114.97 um), los valores de pH se mantienen (6.99 - 7.94) y finalmente mayor remoción de turbidez lo obtuvo la (*Opuntia ficus - indica*) (6.98 NTU). En conclusión, los compuestos naturales analizados muestran su capacidad de remoción, a su vez tienen bajos costos, no afectan el medio ambiente, ni varían en gran medida el pH.

Según RAZURI, K. (2017). Realizó una investigación experimental respecto a las aguas del canal regadío E- 8 con elevada carga orgánica, aplicando coagulantes naturales como el nopal (*Opuntia ficus - indica*) frente a (*Aloe Vera*) y la combinación de ambos coagulantes mediante la aplicación de dosis (600, 700 y 800 mg/l) para la clarificación de las aguas. El objetivo de la investigación fue determinar la disminución de carga orgánica mediante la aplicación de coagulantes naturales como el nopal (*Opuntia ficus - indica*) y (*Aloe Vera*) en las aguas del canal del Río Chuquitanta San Martín de Porres. Es por ello que la investigación inició con el volumen total de agua (19 litros), seguidamente en el laboratorio de la Universidad César Vallejo Lima Norte se midió inicialmente la demanda química de oxígeno (DQO) (833.04 mg/l) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) (65.4 mg/l), para la obtención de los coagulantes se procedió a los diversos procedimientos de (remoción de cutícula, corte, liofilización, molienda y tamizado). Los resultados obtenidos fueron los siguientes, la menor disminución respecto a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) aplicando 800 mg/l de (*Aloe Vera*) fue de (18.48 mg/l), (*Opuntia ficus - indica*) (15.42 mg/l) y la combinación de ambos coagulantes (12.48 mg/l), asimismo la demanda química de oxígeno (DQO) se obtuvo siguiendo el orden anterior (*Aloe Vera*) (260.0 mg/l), (*Opuntia ficus - indica*) (162.3 mg/l) y la combinación de ambos coagulantes (75.7 mg/l), asimismo la temperatura se encontró en el rango de (21.9 y 23.7 °C). Se concluyó la eficiencia de los coagulantes naturales en combinación, como potenciales coagulantes en la disminución de carga orgánica de las aguas del Río Chuquitanta Lima Perú.

Según OLIVEROS et al. (2014). Realizaron una investigación cuantitativa experimental respecto a la clarificación de aguas crudas mediante el coagulante - floculante extraído del nopal (*Opuntia ficus - indica*), el agua potable posee gran cantidad de aluminio residual afectando a la salud de las personas, por consiguiente, es necesario desarrollar alternativas ambientales respecto a coagulantes naturales para futuros empleos en la industria. El objetivo de dicha investigación fue determinar la eficiencia de la tuna (*Opuntia ficus - indica*), como agente coagulante en la clarificación de aguas del Río Magdalena. Es por ello que se llevó a cabo la extracción del mucílago mediante las operaciones de pelado, conservado a 5°C, cortado 15 cm largo, molienda, tamizado 1 mm, secado al vacío 70 °C, extracción de pigmentación mediante el equipo Soxhlet para obtener finalmente un polvo fino y soluble en el tratamiento de aguas, asimismo se realizó el test de jarras mediante 3 corridas , la dosis aplicadas de coagulante – floculante es de (35 y 40 mg/l) a velocidades de rotación de (100 y 200 rpm), como resultado se obtuvo que a 200 rpm y una concentración de 40 mg/l de coagulante – floculante es óptimo como clarificador de aguas crudas debido a que se obtuvo una turbidez final de 28.43 NTU respecto a la inicial la cual fue de 177 NTU, además de no alterar el pH de las aguas turbias del Río Magdalena. Se concluyó la eficiencia del coagulante – floculante en polvo en la remoción de turbidez, asimismo la velocidad de agitación fue punto clave para la clarificación de las aguas, ya que logra alcanzar a todas las partículas dispersas en el agua.

Según VILLABONA, PAZ, & MARTÍNEZ. (2015). Realizó una investigación experimental de tipo aplicada respecto a las propiedades únicas de la tuna (*Opuntia ficus - indica*) como coagulante de origen natural como una alternativa de remoción de color y turbidez, debido a la ausencia de abastecimiento de agua potable, además las comunidades rurales en Colombia (Costa Atlántica), la poca agua que adquieren resulta estar con altos porcentajes de partículas coloidales. El objetivo de la investigación fue remover la turbidez y color de las aguas mediante el coagulante natural extraído de la tuna (*Opuntia ficus - indica*) para la depuración de las aguas tratadas. Es por ello que se llevó a cabo la caracterización de la tuna, se retiró primeramente la cutícula, se cortó en tiras de 10 cm aproximadamente, secado 60°C durante 2 días, tamizado, extracción de pigmentos y supresión del

solvente, desecado a una temperatura de 30°C. Las muestras fueron obtenidas en el canal Dique las cuales fueron analizadas y aplicadas a diferentes concentraciones (50, 75 y 90 mg/l) sobre el pH, color y turbidez , por cada prueba se realizó 2 corridas para verificar la eficiencia del coagulante . Los resultados logrados fueron una remoción de color en 72 % y una turbidez al 54%. Como conclusiones el coagulante natural de la tuna (*Opuntia ficus - indica*) no logró cumplir con las normativas requeridas para la potabilización de aguas, sin embargo cabe indicar que el proceso de clarificación de aguas se realiza con una turbidez mínima de 50 NTU siendo un post tratamiento.

Según JIMÉNEZ, VARGAS & QUIRÓS. (2012). Desarrolló una investigación cuantitativa experimental para estimar la remoción de la tuna (*Opuntia ficus - indica*) en comparación al coagulante sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)$  aplicadas en aguas artificiales para la remoción de color y DQO. El objetivo de la investigación fue manifestar la eficacia de la tuna (*Opuntia ficus - indica*) frente al coagulante sintético sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)$  en la remoción de color y DQO para la potabilización de las aguas. Es por ello que la investigación fue realizada mediante el test de jarras el cual recomienda el Instituto de Salud Colectiva Sapporo, Japón, se tomó los parámetros de: dosis de coagulante, velocidad, pH, floculante, gradiente de velocidad lenta, finalmente analizar la formación del flóculo conforme lo requiere Wilcomb. El sulfato de aluminio compuesto por el polímero k - 930 S y el nopal (*Opuntia ficus - indica*), para el compuesto sintético se utilizó una dosis de (20 mg/l  $Al_2(SO_4)$  y 2 mg/l k – 930 S) obteniendo una remoción de color de 89 %, mientras al aplicar 45 mg/l de coagulante natural removió 94% de color, no obstante se obtuvo una DQO final de 21 mg/l casi el doble del tratamiento habitual. En conclusión la utilización del coagulante – floculante de la tuna (*Opuntia ficus - indica*), para aguas con elevada alcalinidad y turbidez fue superior a los coagulantes comerciales como el sulfato de aluminio, a su vez se sugiere realizar investigaciones para extraer las propiedades activas minimizando la carga orgánica.

Según GONZÁLEZ et al. (2015). Se elaboró una investigación cuantitativa de tipo experimental se investigó mejorar las condiciones del agua para los seres humanos removiendo la materia orgánica y partículas coloidales en suspensión, es por ello que se realizó investigaciones con especies vegetales como (*Opuntia ficus - indica*) y (*Opuntia wentiana*). El objetivo de dicha investigación fue parangonar los coagulantes naturales (*Opuntia ficus - indica*) y (*Opuntia wentiana*) respecto a la capacidad de clarificación de aguas. Es por ello que se obtuvo información adicional de 5 investigaciones relacionadas al empleo de coagulante del nopal (*Opuntia ficus - indica*) en la remoción de color y turbidez de las aguas tratadas, por consiguiente se desarrolló las pruebas mediante el ensayo de jarras a diferentes dosis (150 – 300 ppm) de coagulante y velocidades de agitación de las 2 especies para obtener mejores rendimientos en la remoción de turbidez, color y pH y optar por la más adecuada. Los resultados obtenidos en la remoción de turbidez aplicando la tuna (*Opuntia ficus -indica*) fue de 95.89% coincidiendo con investigaciones reportadas anteriormente, mientras que la (*Opuntia wentiana*) obtuvo 95%. Para la remoción de color mediante la tuna (*Opuntia ficus indica*) se obtuvo un porcentaje de 94.07% mientras que la planta (*Opuntia wentiana*) logró 84,10%. Las conclusiones fueron que la tuna en crudo (*Opuntia ficus indica*) fue superior en la remoción de turbidez y color respecto al coagulante (*Opuntia wentiana*), además de no alterar considerablemente el pH manteniéndolo en el rango establecido.

Según TARAZONA, R. & PEÑA, D. (2011). Bucaramanga. En la Universidad Industrial de Santander, realizó una investigación experimental en el tratamiento de aguas mediante la aplicación de nanopartículas de plata (AgNPs) y microfibras, los cuales actuaron como biocidas en las aguas superficiales. El objetivo de dicha investigación fue la remoción de patógenos presentes en las aguas superficiales mediante el análisis de microfibras, debido a ello se desarrolló el procedimiento metodológico al emplear microfibras como base para las nanopartículas de plata (AgNPs), eliminando impurezas como lignina y colorantes empleando el método de ultrasonido. Las microfibras se sometieron durante 1800 segundos a una temperatura de 60°C, sumergido en una solución de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) con 3 mm de agua desionizada, posteriormente se realizó el secado a una temperatura de 60°C por un día, a su vez se dividió 4 fibras con diferentes pesos (2gr, 4gr, 6gr

y 8 gr) para determinar la mínima remoción de UFC/100ml. Los resultados obtenidos mostraron una gran efectividad de remoción al aplicar 6 gr y 8 gr de microfibras con nanopartículas de (AgNPs) removiendo el 100% , mientras que 2 y 4 gr fue de 92.3 % y 97.9 % de UFC/100ml de las aguas superficiales.

Según FRANCO, MORENO, & CAMARGO. (2008). México D.F. En el Instituto Politécnico Nacional realizó una investigación experimental en el riego de cultivos, respecto a las aguas residuales, las cuales originan una mala producción. El objetivo de esta investigación fue analizar la eficiencia de las nanopartículas de (AgNPs) en la supresión de patógenos en los suelos del bosque de Villa Paz. La investigación comenzó con las características de las aguas residuales y suelo, localizando coliformes fecales, actinomicetos, organismos mesofílicos aerobios, levaduras, mohos, las normativas utilizadas para bacterias fueron NOM- 210-SSA1-11994, NOM-112-SSA1-11994, NOM-111-SSA1-11994, NOM-092-SSA1-11994, para el moho a su vez se empleó el suelo del bosque de la ciudad de Toluca, con un PH propio de 3.7 y retención hídrica de 40%, en la supresión de coliformes fecales se utilizó nanopartículas de plata (AgNPs) de 0.625 ml durante un periodo de 20 minutos, asimismo en suelos con patógenos debido a las aguas residuales se evidenciaron distintas concentraciones de nanopartículas de plata (AgNPs) en el intervalo de 1 a 10 ml con periodos de 10 a 40 minutos, finalmente los resultados obtenidos fueron reducciones considerables de organismos mesofílicos aerobios de 78%, actinomicetos 9% y mohos de 51%. En conclusión se logró evaluar el potencial de reducción de nanopartículas de plata (AgNPs) en la reducción de patógenos presentes en las aguas residuales del bosque de Villa Paz.

Según JARA, VERONICA. (2016). Quito. En la Pontificia Universidad del Ecuador. Realizó una investigación experimental sobre el efecto antibacteriano aplicando agua de plata en microorganismos indicadores de contaminación aislados en el manejo de alimentos en un centro de educación superior dentro de cuatro cafeterías. El objetivo de la presente investigación fue la evaluación mediante los análisis microbiológicos. La investigación se ejecutó mediante 24 tomas de muestra directamente del lavado de manos de los trabajadores de alimentos, activos en su labor, se determinó la cantidad de bacterias presentes como: *staphylococcus*

*aureus*, *Escherichia Coli*, mesofilos aeróbeos. Se localizó que la toma de muestras al 100% obtuvo un desarrollo > 3000 UFC/mano, excediendo los límites máximos permisibles (LMP) de mesofilos aeróbeos, *Escherichia Coli* 4.16%, coliformes totales 50% superando también los (LMP) < 1000 UFC/mano, *staphylococcus aureus* 58.33 % se localizó dentro de los (LMP). Asimismo se desarrolló mediante dos factores el diseño factorial junto al estudio de varianza (ANOVA), se halló que la intervención de la variable reduce significativamente en ( $p < 0.05$ ), respecto al tiempo de fricción con las bacterias, aplicando de 1 a 4 ppm durante un tiempo determinado de 60 a 900 segundos. Los resultados encontrados manifestaron que el 50% de *staphylococcus aureus* se encontró dentro de los límites máximos permisibles, finalmente la existencia de coliformes manifiesta que el procedimiento de higienización no es el adecuado, ya que no es apto para establecer el indicador por debajo de los límites máximos permisibles (LMP).

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Marco teórico**

##### **Río Pisco**

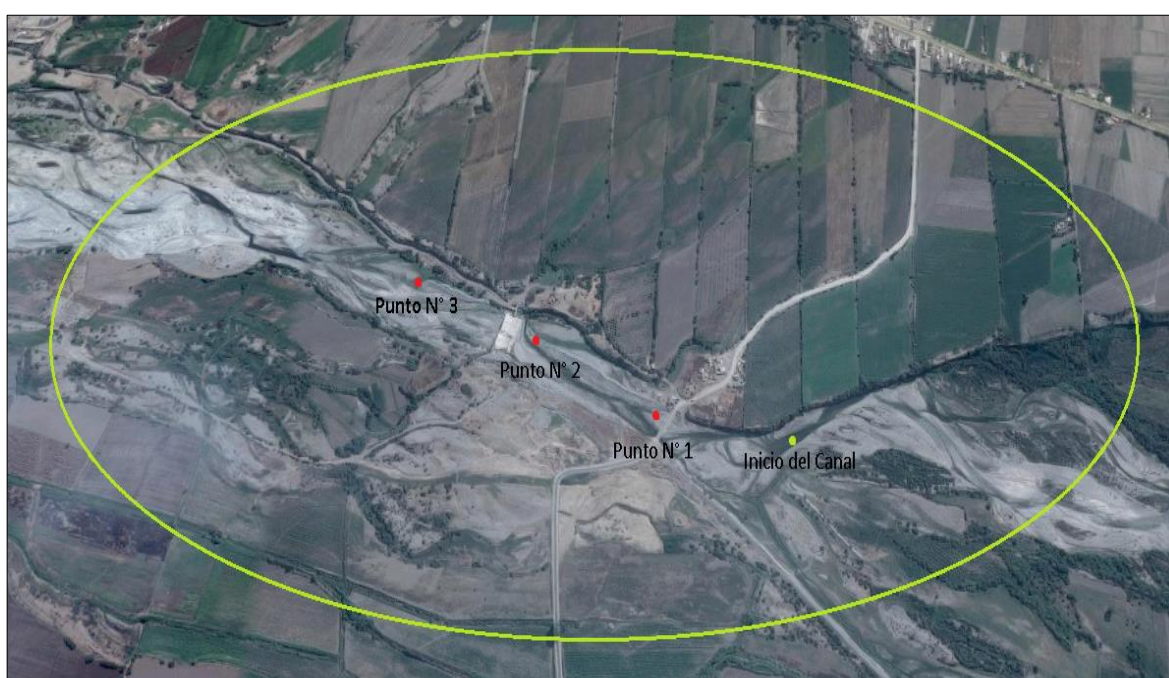
El Río Pisco se encuentra dentro de los puntos extremos respecto a su paralelo 12° 52' y 76° 13' de longitud oeste de Greenwich, posee una extensión de 4.376 km<sup>2</sup>, longitud 170 km, las actividades principalmente a desarrollar son la agricultura, el cual se riega con el agua captada respecto a los puntos de muestreo Punto 1 (N: 8482891.0, E: 0393608.5), Punto 2 (N: 84828967.3, E: 0393455.0), Punto 3 (N: 8483061.8, E: 0393277.4), (Figura N° 1 y 2).





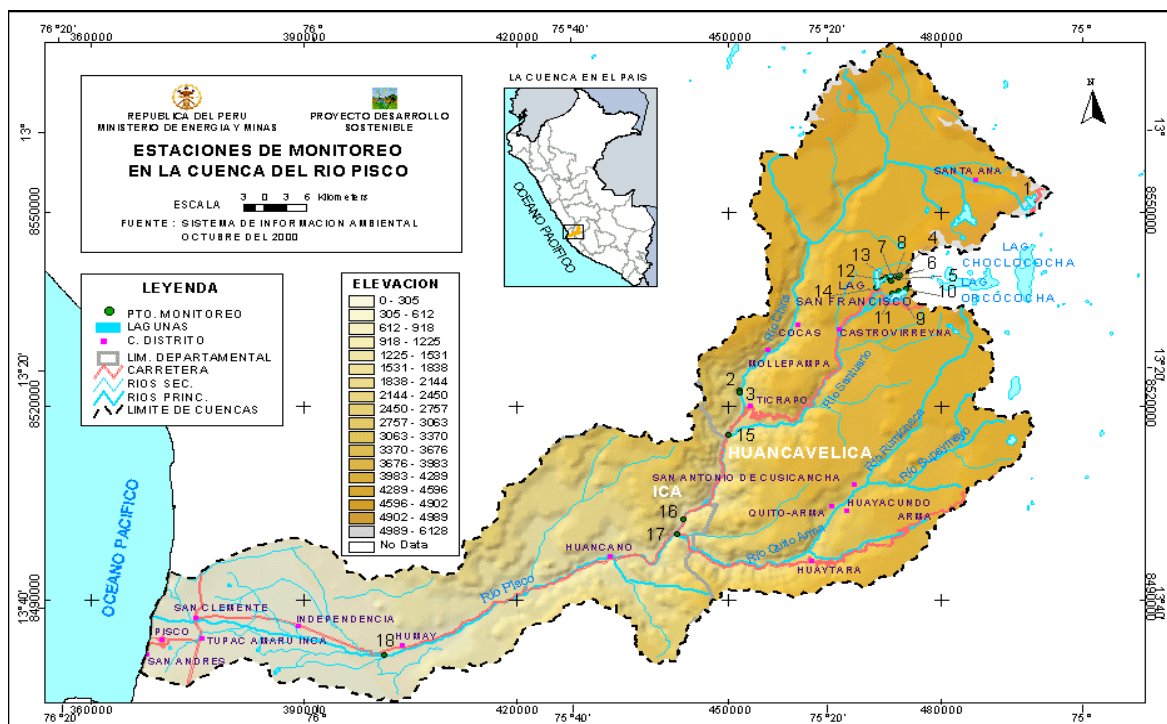
Fuente: Google Maps 2018.

**Figura 1.** Mapa de localización del Río Pisco



Fuente: Google Maps 2018.

**Figura 2.** Mapa de delimitación del Río Pisco – Cabeza de Toro.



Fuente: Sistema de Información Ambiental – MINEM.

Figura 3. Mapa de estación de monitoreo Río Pisco.

### ECA D.S N°004-2017 MINAM: Fisicoquímico – Microbiológico Categoría 3:D1

Las propiedades de las aguas constituyen son de suma consideración en la determinación del tratamiento, asimismo verificar que su calidad ambiental este presente dentro de los parámetros establecidos.

Tabla 1. Parámetros ECA – D.S. N°004 - 217 MINAM, Categoría 3: D1

CATEGORÍAS		ECA AGUA : CATEGORÍA 3
PARÁMETROS	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES
<b>FISICO – QUIMICO</b>		
TEMPERATURA	°C	Δ3
PH	Unidad de PH	6,5 – 8,5
OXIGENO DISUELTO	mg/L	≥ 4
CONDUCTIVIDAD	(μS/cm)	2500
TURBIDEZ	--	--
DQO	mg/L	40
DBO5	mg/L	15
<b>MICROBIOLÓGICO</b>		
<i>ESCHERICHIA COLI</i>	NMP/100ml	1000

Fuente: DS-004-2017- MINAM.

## **El nopal (*Opuntia ficus - indica*)**

El nopal pertenece a la familia Cactáceas correspondiente a las dicotiledóneas particularmente a las angiospermas, esta planta posee propiedades abundantes en aminoácidos (Ramírez, 2017).

Se adapta sin ninguna dificultad a zonas con escasez de agua, los cladodios verdosos abundantes en fibra poseen espinas, asimismo tienen grandes dimensiones, sus frutos son de color rojo, verde o naranja repletos en vitaminas C. Esta grandiosa planta se conoce a nivel mundial como un alimento provechoso para tratar enfermedades, fortalecer la capacidad mental, en la salud humana (Sáenz, 2006).

En el cultivo del nopal los cladodios conforman una ramificación elevada y sólida, a su vez tiene la capacidad de adaptabilidad en zonas desérticas, debajo de la epidermis se encuentra una colénquima conformado por tejidos tipo corticales los cuales almacenan componentes nutritivos y agua. Los brotes son de color verde oscuro parecidas a los cladodios, solamente se destapan en las mañanas (León, 2000).

La (*Opuntia ficus - indica*) cumple un papel muy importante en la economía de diversos países con poca demanda del recurso hídrico para los cultivos agrícolas , además cada año diversos países muestran interés en las propiedades únicas de esta planta, enfocados principalmente en adaptabilidad y capacidad de producir económica y sustentablemente en zonas áridas, es por ello que la planta (*Opuntia ficus - indica*) posee múltiples usos tanto para la tecnología en tratamientos de aguas, industrialmente en alimentos para la salud humana y en zonas desérticas de cultivo (Sáenz, 2006).

## **Taxonomía**

Su clasificación taxonómica se establece de la siguiente manera: pertenece a la familia de las *Cactaceae*, clase *Magnoliopsida*, reino *Plantae*, división *Magnoliophyta*, orden *Caryophyllales*, especie (*Opuntia ficus – indica*) es conocida por el género *Opuntia* (Tabla 1) (Ramírez, 2017).

**Tabla 2. Taxonomía (*Opuntia ficus –indica*)**

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Caryophyllales</i>
Familia:	<i>Cactaceae</i>
Subfamilia:	<i>Opuntioideae</i>
Tribu:	<i>Opuntiae</i>
Género:	<i>Opuntia</i>
Subgénero:	<i>Opuntia</i>
Especie:	<i>O. ficus-indica</i> (L.) Mill., 1768

**Fuente:** Ramírez, 2017.

### **El mucílago del nopal (*Opuntia ficus - indica*)**

El mucílago de la tuna (*Opuntia ficus - indica*) fue estudiado en diversas familias de cactáceas, al contener un elevado peso molecular son denominados heteropolisacaridos al contener (L - ramnosa, L-arabinosa, Ácido D - Galacturocico, L-Xilosa), los resultados obtenidos presentaron diversas cantidades de mucílago, incorporados en ellos la variabilidad de fibras y minerales, asimismo se encontró en los diferentes análisis el mayor porcentaje de componentes (carbohidratos), el cual fue la pectina. Debido a ello son requeridas en actividades industriales alimentarias (García, 2013).

Las diversas aplicaciones del mucílago separado del nopal (*Opuntia ficus - indica*) es debido al análisis y estudios de un polisacárido con propiedades hipoglucemiantes, es por ello que a partir de esta valiosa propiedad se realizaron múltiples investigaciones para los diversos empleos en la mayoría de industrias, tales son los casos aplicados en construcciones y edificaciones como complemento en la adhesividad de la cal, aguas contaminadas con metales pesados, adaptabilidad en suelos áridos, industria alimentaria debido al contenido de minerales y fibras (Vargas, et al. 2015).

Asimismo, las propiedades únicas del mucílago extraído de la tuna (*Opuntia ficus - indica*) son empleadas en las industrias, ya que está compuesto de un alto

contenido de gelificante proporcionando viscosidad, elasticidad, resistencia de líquidos, por esta razón las propiedades encontradas en el mucílago tienen la capacidad de alterar las características funcionales de los productos alimenticios para mejorar la composición de los alimentos (Orozco, Yáñez & Hernández, 2006).

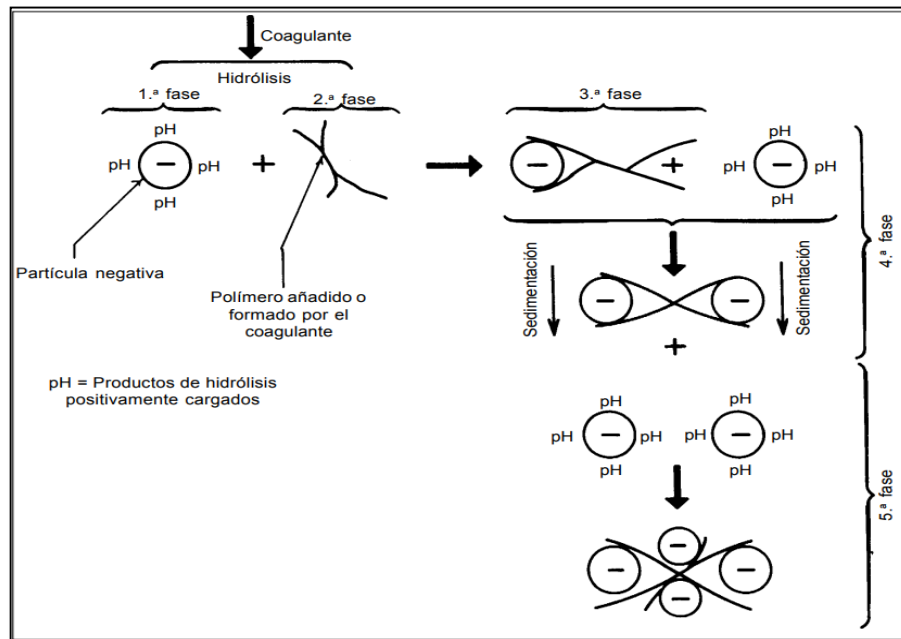
Para la potabilización del agua una de las etapas más importantes en el tratamiento primario es la coagulación, debido a las partículas coloidales estabilizadas por cargas eléctricas, los cuales originan turbidez y color al agua no aptas para el consumo humano, en consecuencia se emplean coagulantes ya sea de origen vegetal, animal o sintético con la finalidad de unir y sedimentar las macropartículas para luego filtrarlas, no obstante en la actualidad se busca la utilización de coagulantes naturales que sean eficientes en la clarificación de aguas (Contreras, et al. 2015).

El empleo adecuado del nopal (*Opuntia ficus - indica*) es una opción de mayor interés por los inversionistas al transcurrir el tiempo dado por el incremento de investigaciones sobre esta planta, ya que reemplaza los coagulantes sintéticos de forma eficiente, optando por un mejor tratamiento primario en la potabilización de aguas a bajos costos, amigable con el medio ambiente, materiales de acceso asequible, apuntando a una tecnología sostenible en el tratamiento de aguas de manera eficiente (Vaca, et al. 2014).

Las investigaciones actuales buscan nuevas opciones para reemplazar los coagulantes y polímeros sintéticos compuestos por elementos como el aluminio (Al) o hierro (Fe), los cuales contaminan las aguas, dejan lodos residuales difícilmente tratados y varían el pH, por esta razón cabe la necesidad de optar por coagulantes naturales de fuente vegetal, los cuales alcancen el desarrollo sostenible (Arias, et al. 2017).

El potencial del coagulante extraído del polvo de nopal (*Opuntia ficus indica*), posee características únicas, las cuales son excelentes en la aglomeración de partículas formando flóculos, mínimo rendimiento de lodos, debido a que son biodegradables, menor tiempo de sedimentación, es por ello que es una alternativa innata de origen natural, tentativa en la clarificación de aguas y minimización de lixiviados (Castellanos, 2011).





**Fuente:** Barrenechea, 2004.

**Figura 4.** Desarrollo del proceso de coagulación – floculación.

### Importancia ecológica

El cultivo del nopal económicamente va en pleno desarrollo en la industria agrícola dado en diversos países, especialmente en México, ya que contiene un alto porcentaje de fibras, nutrientes, minerales (Na, K, Fe, Ca, Mg), y un mínimo de grasa como fertilizante de tierras, la comparación con productos de similar composición y función provenientes del extranjero tienen costos elevados, por la falta de cultura no se elaboraba productos similares en Latinoamérica, a su vez es empleado también en la industria alimentaria y la medicina (Paredes, Guevara, & Bello. 2006).

### Alternativas en el reaprovechamiento de residuos del nopal

En el momento de la extracción del mucílago del nopal (*Opuntia ficus - indica*), específicamente en la podación de los cactus, genera elevados residuos orgánicos, los cuales no son aprovechados de la mejor manera, es por ello que aún se puede recuperar gran parte de polisacáridos a partir de los residuos generados, debido a que solamente contiene el 14 % de mucílago respecto al peso total de un cladodio. (Waldron, 2014).

En el país de México cada año se busca y plantea nuevas alternativas en la mejora de tratamientos beneficiosos a base de residuos orgánicos generados mayormente en los establos, es por ello que se ha dado un adecuado uso a los residuos orgánicos empleados en la siembra del nopal (*Opuntia ficus - indica*), como fertilizantes, debido a la capacidad y adaptabilidad de esta cactácea para reproducirse en zonas desérticas y suelos empobrecidos, se cultiva en pequeños terrenos alcanzando 6000 hectáreas, el 75 % de los frutos son consumidos por los pobladores, del mismo modo los residuos orgánicos del nopal sirve como forraje para el ganado (Schiere y Van der Hoek, 2001).

Los residuos comúnmente llamados (cáscara) extraídos de la fruta del nopal (*Opuntia ficus - indica*), son empleados en diversas investigaciones para transformarlos en alimento para el consumo humano, el desarrollo para la obtención de mermelada se basa en la obtención de residuos de cáscara de nopal adicionando pulpa de tuna, perseverantes en mínimas cantidades y sacarosa hasta llegar a una concentración equilibrada. Se degustó mediante las propiedades organolépticas de catadores profesionales los cuales dieron una aprobación de aceptable, es por ello que los residuos orgánicos del nopal (*Opuntia ficus - indica*) puede ser reaprovechado de diversas formas como, alimento para el ganado (forraje), alimento para el consumo humano, biodigestores, etc. (Cerezal y Duarte, 2005).

## **Los Coloides**

Partículas presentes en diferentes proporciones mayores y menores medidas, involucradas en cualquier medio ambiental. Los coloides optan al menos por adquirir una dimensión lineal inferiores a una micra ( $10^{-6}$  m), asimismo dentro de los coloides se localiza un sub conjunto de nanómetros ( $10^{-9}$  m) precisamente, las cuales muestran al menos una dimensión lineal menor a ( $10^{-7}$  m) (Benedicto, 2013).

## **Forma**

La estructura y forma de los coloides son directamente relacionadas respecto a sus propiedades únicas, no obstante no existe una distribución adecuada en las formas de los coloides, cierto tipo de investigadores las clasifican en anisométricas e isométricas, las iniciales se refieren aquellos coloides que se esparcen en varias

dimensiones (cintas, laminas, cilindros etc.), la segunda se caracteriza por poseer singulares dimensiones uniformes en el conjunto de direcciones (Olivero, Mercado & Montes, 2013).

### **Propiedades**

Debido a que poseen movimiento Browniano, su desplazamiento es irregular y constante, además se suma la considerable área superficial de cada coloide, gracias a esto las partículas coloidales se mantienen suspendidas, sin causar ningún efecto sobre la gravedad. Dicho comportamiento elude que las partículas coloidales sean sedimentadas y removidas, esto ocurre porque mediante la gran área superficial, las partículas coloidales adsorben iones en proporciones desiguales, formando carga eléctrica, el cual asiste a su estabilidad establecido por el potencial Z, por esta razón existe la relación de distancia y carga para la efectiva coagulación (Olivero, Mercado & Montes, 2013).

### **Teoría de la doble capa**

Las partículas coloidales se determinan por estar envueltas por 2 capas eléctricas, las cuales son la raíz de su estabilidad, la capa interna está conformada tanto cationes como aniones, no obstante su carga es mayormente negativa, asimismo la capa externa posee cationes que facilitan el intercambio de elementos como  $Mg^{++}$ ,  $Na^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , etc. (Aulton, 2004).

### **Fuerza de Van der Waals**

Compuesta por una fuerza de atracción intermolecular, a causa de la interacción de dipolos, de manera inducida o estable, igualmente son el producto de la atracción entre las singulares moléculas de cada coloide, en otras palabras es un aditivo, asimismo el equilibrio de los coloides es dependiente respecto a la adición de repulsión y atracción de la carga total (Restrepo, 2009).

### **Factores que influyen en la coagulación:**

#### **pH**

La medición del pH es posiblemente uno de los indicadores de suma importancia en la química, asimismo el ion hidrógeno de un líquido establece un logaritmo de



forma negativa. Los líquidos poseen en apreciación la medida de hidrógenos libres presentes en una solución química sosteniendo la neutralidad, acidez o alcalinidad de las aguas (Crespo et al. 2006).

### **Temperatura**

Parámetros físicos más destacados, importantes y medibles es la temperatura, el agua potable tiene inferior temperatura (10 – 15°C), que las aguas residuales originadas por el hombre principalmente las industrias, las cuales arrojan aguas con temperaturas elevadas, es por ello que la carga bacteriana se encuentra estable en el rango de 25 – 35°C, debido a ello es de suma importancia la potabilización de aguas (Delgadillo et al. 2010).

### **Coagulantes naturales aplicados en la clarificación de aguas**

Actualmente los coagulantes sintéticos como el sulfato de aluminio  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  o cloruro férrico  $\text{FeCl}_3$  tienen elevados costos y son de difícil tratamiento los residuos generados, es por ello que se presentan alternativas tentativas para un futuro, empleando coagulantes de origen natural, los cuales son económicamente bajos, no alteran el medio ambiente y no causan daños a la salud humana, los beneficios son superiores si dicha especie es cultivada en la misma región, siendo accesible a la población. Asimismo, cabe destacar la importancia de no alterar en gran magnitud el pH de las aguas a tratar, puesto que tienen elevadas cargas lo cual facilita la coagulación (Feria, Rodiño, & Gutiérrez, 2016).

Uno de los grandes beneficios principalmente de los coagulantes naturales respecto a los coagulantes sintéticos son los residuos de lodos originados, los cuales en gran medida son minimizados, asimismo los tratamientos son de menor costo y de fácil eliminación (Salas, 2016).

### **Polímeros naturales**

Polímeros compuestos por diversos polisacáridos (glucósidos, almidón, etc.), y proteínas (gelatina, caseína etc.), generadas por procesos naturales de forma bioquímica, ciertos polímeros tienen la capacidad de clarificar las aguas naturalmente, ya que poblaciones oriundas dentro de los países como Perú y México lo emplean como coagulante y floculante, no obstante primeramente es

procesada y extraída de manera singular por las personas antes de su uso (Aguilar, 2010).

## **Poliectrolitos**

Son Polímeros orgánicos con características singulares, tienen elevada solubilidad en aguas, a su vez considerable peso molecular de gran volumen, su función es reunir y convertir los coloides en macropartículas (flóculos), mediante puentes, para finalizar en un determinado tiempo y por acción de la gravedad sedimentar, originando lodos (Cabildo et al. 2000).

### **Se clasifican en 3 tipos**

#### **1. Poliectrolitos Catiónicos**

Poliectrolitos con cargas y cadenas netamente positivas ligados a un conjunto de aminos, con la capacidad de atraer y remover partículas coloidales con cargas negativas a pH bajos, aplicando 2 ppm de polímeros en un rango de  $10^5$  ppm de contaminante (Acosta, 2006).

#### **2. Poliectrolitos Aniónicos**

Poseen carga negativa, los efectos al emplearlos dentro del agua remueven partículas coloidales con cargas positivas, a pH elevados realizan una mejor eficiencia en el tratamiento de aguas (Guzmán et al. 2013).

#### **3. Polímeros No Iónicos**

Poliacrilamidas de superior peso molecular, ramificaciones cortas menores a  $1 \times 10^6$  g/mol, además de ser neutrales al entrar en fricción con iones positivos y negativos logrando efectos similares a los coagulantes anteriormente mencionados (Acosta, 2006).

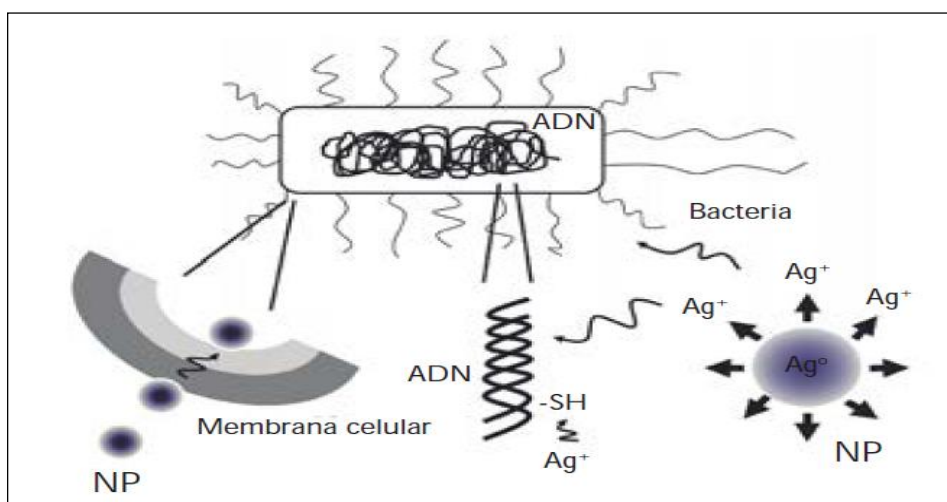
## **Nanopartículas de plata (AgNPs)**

Durante los últimos años la nanotecnología está siendo empleada potencialmente en los diversos usos de la ciencia, puesto que la funcionalidad mediante el dominio y el tamaño a niveles nanométricos es eficiente (Aguilar, 2009).

La palabra “nano” proviene de orígenes griegos, los cuales nombran a una materia excesivamente minúscula, en la actualidad se emplea dicha escala para indicar una billonésima parte de un metro ( $10^{-9}$ ), para ser llamado “nanopartícula” los cluster de átomos están dentro de la escala de 1 -100nm (Rai, et al., 2008).

Las nanopartículas de plata (AgNPs) empleado en los sistemas biológicos, muestra distintas propiedades innovadoras, debido al tamaño nanométrico adquieren el potencial, para penetrar las membranas biológicas de células procariotas directamente la pared bacteriana, intensificando su poder bactericida en aguas (Leiva, 2013). El crecimiento de biocidas en el mercado mundial es de gran importancia, debido al gran potencial para garantizar calidad y garantía alimentaria.

El objetivo de implementar y desarrollar biocidas para alimentos, es impedir el desarrollo de microorganismos sobre la producción alimentaria por mucho más tiempo (Sorrentino, Gorrasi, & Vittoria, 2007).



**Fuente:** Leiva, 2013.

**Figura 5.** Nanopartículas de plata como biocida.

## **Espectroscopia UV- VIS**

Es una de las técnicas más empleadas en el estudio de las nanopartículas de plata (AgNPs), debido a la sensibilidad de captación de coloides de plata, ya que dichas partículas presentan un pico de absorción sumamente intenso, generado por el tamaño y forma de las nanopartículas de plata, por consiguiente se da la aparición de plasmones superficiales (Escobar, 2015).

El estudio se fundamenta en la absorción de radiación ultravioleta y observable por el analito, por consiguiente produce una fase activada, el cual libera en forma de calor el potencial de energía.

Cuando se presenta una dilución que posea una sustancia absorbente y entre en contacto con un haz de radiación monocromática, se origina la transmitancia, debido a la minimización del  $P_0$  hasta  $P$ , el cual es la fracción que logra traspasar dicha muestra, la ecuación empleada mayormente es la absorbancia (Figura N° 6).

$$A = -\log T = \log \frac{P_0}{P} = \epsilon b c$$

**Fuente:** Ley de Beer.

**Figura 6.** Ecuación Ley de Beer.

**Donde:**

A= Absorbancia.

$\epsilon$  = Absortividad molar.

b: Camino Óptico de Luz.

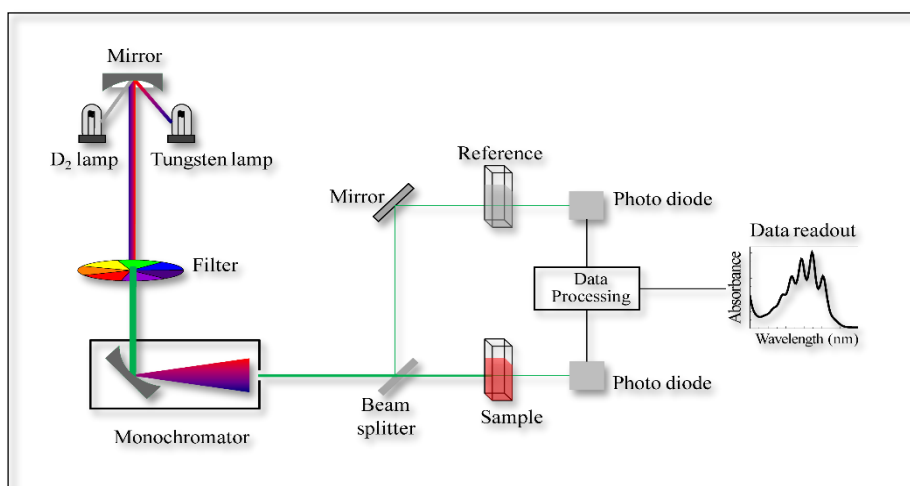
c= Concentración de la sustancia análisis.

La ley de beer es esencial en los estudios cuantitativos, ya que la absorbancia es vinculada con la concentración, la absortividad molar está representada por la constante  $\epsilon$ , solo cuando la constante c (concentración) está dada en moles/litro, asimismo la letra “b” se refiere al camino óptico dado en centímetros. La absortividad es una propiedad singular del elemento absorbente, ya que es dependiente de la longitud de onda, es por ello que en la aplicación de la *Ley de Beer* se requiere una longitud de onda específica, que mencione los intervalos de longitud de onda y absorbancia (Hernández y Gonzales, 2012).

En la zona del espectro se requiere una fuente de radiación prolongada, con una elevada intensificación, además de no alterar la longitud de onda, las fuentes de radiación tienen la capacidad de dividirse en fuentes térmicas, donde la radiación

se origina a elevadas temperaturas y fuentes térmicas donde la radiación aparece por descargas eléctricas a través por gases.

En general todos los espectrofotómetros de absorción ultravioleta - visible en la región poseen 3 elementos esenciales: fuente de energía, un monocromador para el aislamiento de la banda por energía radiante y para la medición de energía radiante transferida un detector acoplado al sistema de lectura.



**Fuente:** Escobar, 2015.

**Figura 7.** Esquema del espectrofotómetro UV-VIS.

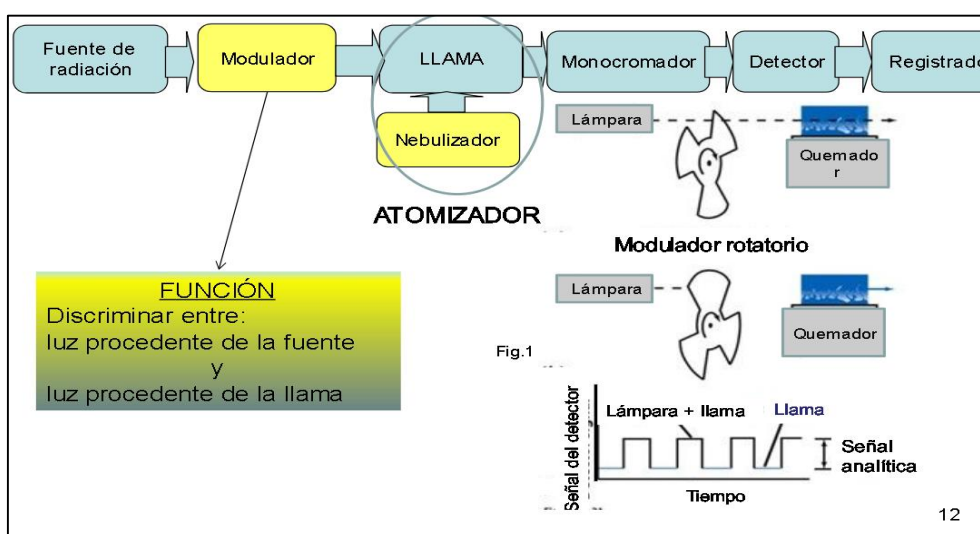
Un monocromador es un instrumento que origina un haz de radiación de elevada pureza espectral debido (ancho de banda estrecha), el cual posibilita la modificación de longitud de onda, los componentes de suma importancia en el monocromador son: una ranura de entrada que define el haz policromático de radiación entrante, un componente dispersante, ya sea un prisma o una red y una ranura de salida, respecto a la zona ultravioleta visible se opta por fototubos, células fotovoltaicas, fotomultiplicadores (Villegas, Acereto, & Vargas, 2006).

### **Absorción atómica de la llama (FAAS)**

Se realiza mediante la lámpara de cátodo hueco, compuesto por cátodo de forma cilíndrica cerrado en un conducto plagado de gas neón 1 a 5 torr., y un ánodo de tungsteno, debido a que el cátodo está hecho del metal cuyo espectro se requiere conseguir o también como una base del dicho metal. La ionización del gas inerte acontece en la diferencial del potencial (300 V) al aplicar en los electrodos, los electrones y iones son desplazados al electrodo cuando se origina una intensidad

de corriente de 5 a 15 mA. Los cationes en forma gaseosa poseen energía cinética con la finalidad de disolver átomos metálicos presentes en el área del cátodo fabricando una nube atómica (Escobar, 2015).

En la atomización por la llama, la solución en forma acuosa de la muestra se nebuliza o dispersa mediante una delgada nube, puesto que se mezclará con los gases y oxidantes del combustible para ser desplazado al mechero, para finalizar los resultados de la atomización antes de realizar su respectiva dispersión se oxidan en la atmósfera. Por lo tanto el aerosol originado, el combustible y el oxidante se trasladan a un mechero de llama. Es necesario diferenciar la radiación emitida por la lámpara hueco y la radiación derivada de la llama, ya que esta última en gran parte es suprimida por el monocromador, la cual es posicionada entre el detector y la llama, no obstante la excitación térmica de un fragmento del analito en la llama origina la misma radiación con igual longitud de onda a lo que fue adaptado el monocromador, asimismo dicha radiación no se suprime, actúa con una gran potencial de intromisión. La alteración generada por el analito se esquivo empleando un cortador, con la finalidad de alternar una frecuencia continua y constante. El detector admite la señal alterna derivada de la lámpara de cátodo hueco y la señal continua de la llama, transformando dichas señales en sus modelos de corriente eléctrica, finalmente un sistema electrónico suprime la señal no regulada por la llama y deja atravesar la señal de corriente alterna originaria de la fuente a un amplificador para llevar a su respectiva lectura (Sierra, et al. 2017).



Fuente: Escobar, 2015.

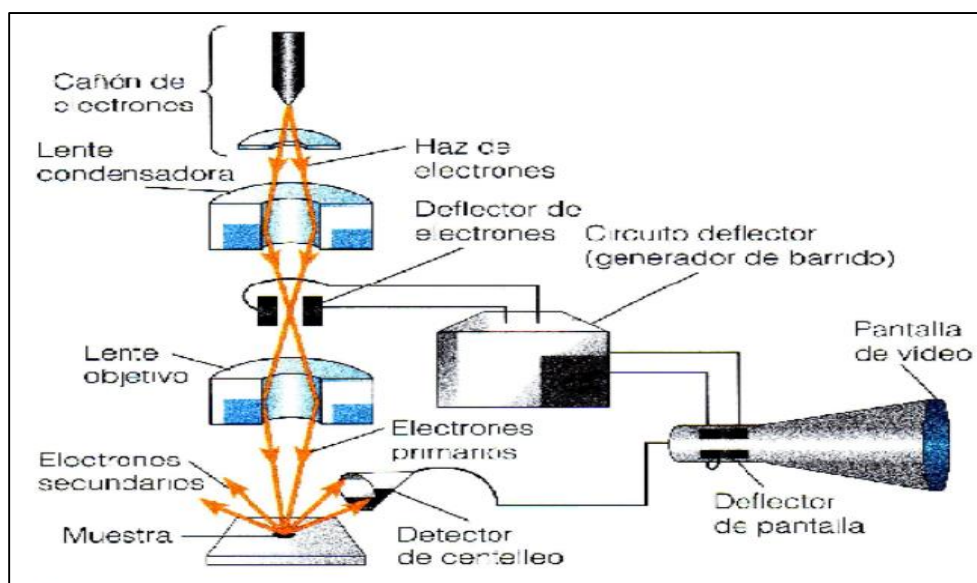
**Figura 8.** Esquema de la absorción atómica de llama.

## Microscopia de Barrido Electrónico (SEM)

Se ocupa principalmente en determinar las características (forma, tamaño y la estructura de las nanopartículas a través de los rayos X, Dichos análisis fueron realizados en el laboratorio de física de la Universidad Nacional de Ingeniería (Lima – Perú.

El microscopio de barrido electrónico (SEM) elabora y representa imágenes aplicando la transmisión de electrones de intensa energía, el cual se logra con la con el potencial de energía dispersiva de rayos X (Siglas en ingles EDX), por lo tanto se consigue un análisis cuantitativo respecto a la estructura y distribución de los elementos de una muestra.

La emisión de electrones generado por la interacción del haz incidente y la respectiva muestra son captados por el sistema de detección con la finalidad de producir una señal eléctrica, la cual se emplea en la regulación de la intensidad de haz de electrones que entra en contacto con la pantalla de TCR (tubos de rayos catódicos), de manera que un barrido óptimo y sincronizado del haz incidente de TRC Y del haz incidente en la base de una muestra genera una imagen en la muestra analizada. Los electrones emitidos y rayos X de la muestra se genera por la colisión de electrones del haz incidente con electrones de los átomos de la muestra (Brandt, 2008).



**Fuente:** Universidad del Valle, 2010.

**Figura 9.** Esquema de microscopía electrónica SEM.

### **1.3.1 Marco conceptual**

#### **Coloides:**

Partículas presentes en diferentes proporciones mayores y menores medidas, involucradas en cualquier medio ambiental. Los coloides optan al menos por adquirir una dimensión lineal inferiores a una micra ( $10^{-6}$  m) (Benedicto, 2013).

#### **Coagulación:**

Es la desestabilización de las partículas coloidales en un proceso determinado, dado en una disolución o suspensión, el cual origina y supera un dominio en la estabilidad de las fuerzas que las sustenta, en los mayores de casos para formar influir con la precipitación (Aguilar, et al. 2002).

#### **Floculación:**

Tiene la función de aglomerar las partículas desestabilizadas originadas por la coagulación con la finalidad de formar pequeños flóculos y al pasar un tiempo origina macroflóculos, debido al rompimiento del mismo, con el objetivo de sedimentar por gravedad y facilitar la decantación de los lodos residuales (Restrepo, 2009).

#### **Sedimentación:**

Partícula de forma esférica, el cual inicia a partir de un reposo y sedimenta por gravedad donde se vuelve un fluido estático (Vargas, 2013).

#### **Nanotecnología:**

Es la manipulación de la materia a escala nanométrica en intervalos cercanos a 0.2 nm y 100 nm, expandiéndose en innovaciones tecnológicas de la ciencia, la mayoría de mecanismos dentro de la célula acontece congénitamente respecto a los intervalos mencionados anteriormente (Cardoso, 2016).

#### **Nanopartículas:**

Se refiere a la millonésima parte de un milímetro (mm), son aquellos que cumplen al menos una de sus dimensiones menores a 100nm. Su adquisición se basa en 2 fundamentos: *Bottom-up* y *Top-Down* (Torrecilla, 2014).



## **Parámetros fisicoquímicos sobre la calidad de las aguas.**

La contaminación de las aguas superficiales en los últimos años es una grave situación ambiental, a pesar de investigaciones en los diversos tratamientos para tratar dichas aguas son pocos los avances, debido a la gran variedad de contaminantes que entran en contacto en el curso de las aguas siendo muy solubles y pueden entrar en grandes concentraciones al mar contaminando el medio ambiente, como residuos de fungicidas, debido a los compuestos organoclorados, los cuales son muy dañinos a la salud humana como enfermedades epidemiológicas, transfiriéndose mediante la escorrentía de las aguas finalmente desembocando hacia el mar (Rodríguez y Agüera, 2002).

### **Propiedades Físicas**

Las propiedades físicas del agua, son denominadas de esta forma, ya que los sentidos del ser humano captan mediante estos 3 sentidos de gusto, olfato y vista, son directamente independientes en la armonía del agua, los cuales se originaron al aparecer la contaminación de los recursos hídricos, ya sea por fuentes antropogénicas o fuentes naturales, totalmente independientes respecto a las propiedades tanto químicas como biológicas localizados en el agua, algunos indicadores físicos son la turbidez, color, sabor, olor, no obstante es erróneo el estudio de una sola propiedad, debido a que estas 3 propiedades dependen una de la otra, para el enriquecimiento de la calidad del agua la cual se constituye por moléculas asociadas alcanzando hasta 12 unidades (Marín, 2003).

### **Turbidez**

La turbidez tiene una enorme consideración sanitaria y medioambiental, debido a que evidencia la presencia de coloides en las aguas, es por ellos que actúa como un indicador de contaminantes. Elevados índices de turbidez actúan como resguardo de microorganismos, metales pesados y otras partículas orgánicas, etc., incrementando el requerimiento de más cloro (Marcos, et al. 2004).

### **Temperatura**

Dentro de los parámetros físicos más destacados, importantes y medibles sin duda alguna es la temperatura, el agua potable tiene inferior temperatura (10 – 15°C),

que las aguas residuales originadas por el hombre principalmente las industrias las cuales arrojan aguas con temperaturas elevadas, es por ello que la carga bacteriana se encuentra estable en el rango de 25 – 35°C, debido a ello es de suma importancia la potabilización de aguas residuales, ya que los tratamientos biológicos dependen exclusivamente de la temperatura (Delgadillo et al. 2010).

### **Conductividad**

La conductividad posee la competencia de trasladar corriente eléctrica dependiendo exclusivamente del número de iones diluido en las fuentes hídricas a tratar, al incrementar el número de iones eleva la conductividad de las aguas. Las unidades estandarizadas son los micromhos por centímetro (umho/cm) mientras que en el sistema internacional es (mS/m) mili siemens por metro (Villareal, 2000).

### **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno es una de los componentes más considerables en el estudio de las aguas nativas, debido a que mide las concentraciones de oxígeno disueltos en el agua, actúa como un indicador de la contaminación de las aguas, las especies acuáticas como los peces demandan necesariamente 2 mg/l, para la sobrevivencia de la vida acuática (Contreras y Molero, 2011).

### **Sólidos Totales Disueltos**

Son denominados sólidos a la sumatoria de toda la combinación de cationes, aniones, minerales sales presentes en las aguas, la diferencia con los sólidos suspendidos totales es el impedimento de atravesar una malla de 2 micrómetros por parte de este último y siguen ilimitadamente en suspensión (Xavier, 2012).

### **Propiedades Químicas**

Las propiedades químicas son analizadas y observadas en el momento de modificar la estructura de las sustancias, a su vez detallan el funcionamiento al reaccionar con diferentes sustancias y realizar modificaciones químicas, determinando las conductas de diferentes partículas suspendidas, denominado principalmente con el nombre de reacción química (Voet, 2009).

## **pH**

La medición del pH es posiblemente uno de los indicadores de suma importancia en la química, asimismo el ion hidrogeno de un líquido establece un logaritmo de forma negativa. Comprender los índices de acidez o alcalinidad de una muestra, es punto clave para analizar los siguientes procesos a tratar, la escala establece un rango de 0 a 14 alcanzando la neutralización en la mitad del rango, la acidez comprende valores menores a 7, mientras que la alcalinidad comprende valores mayores al punto neutro (Ramos, Sepúlveda, & Villalobos, 2016).

## **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Es un parámetro muy empleado en el tratamiento de aguas, permite la determinación de analizar la materia susceptible a oxidarse a través de la oxidación de la materia orgánica presentes en el agua, es por ello que los respectivos análisis en laboratorio se aligeran artificialmente, a causa del desarrollo de la biodegradación dado por oxidación potenciada en relación a los microorganismos, empleando métodos estandarizados y oxidantes químicos validados (Carbajal, 2016).

## **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**

Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos en la degradación general de materia orgánica, el cual se logra en la biodegradación en una determinada muestra, está íntimamente vinculado con el cálculo de oxígeno disuelto en las aguas, que consumen los microorganismos sobre la materia orgánica dados en el desarrollo de oxidación bioquímica (Fernández, 2013).

## **Propiedades Biológicas**

### **Coliformes totales**

Bacterias aerobias y anaerobias las cuales no conforman endosporas, asimismo producen gases y ácidos a una temperatura de 36 grados durante un periodo de 48 horas aproximadamente, la selección de estas bacterias se encuentra definida según las reacciones bioquímicas, a sus vez en las aguas son potencialmente más resistentes que cualquier patógeno presente en las aguas (Personal laboral grupo II, 2006).

## **Coliformes Termotolerantes**

Los coliformes termotolerantes son denominados a los que tienen el potencial de crecer a una temperatura aproximada de 44,5 °C, las cuales se hallan asignadas la *escherichia Coli*, asimismo se encuentra en el sistema digestivo (Schorr y Galindo 2006).

### **Test de jarras:**

Inicialmente las pruebas de jarras se ejecutaron en el país de EE.UU por el año de 1921, son realizadas en vasos precipitados de 1 litro. La prueba pretende precisar las condiciones aplicadas a mayor escala con velocidades de rotación rápida y lenta, implementados con diversos agitadores dirigido por mecanismos que generan torbellinos en todos los vasos precipitados. En la actualidad no existen variedades de métodos para analizar los diferentes tiempos, concentraciones y la gradiente de velocidad (Lozano y Lozano, 2015).

Para realizar los respectivos estudios sobre la aplicación de coagulación - floculación en las muestras de clarificación de aguas se lleva a cabo un test de jarras, el cual tiene beneficios de ser un método óptimo, práctico y eficiente, llevando a pequeñas escalas las tres fases fundamentales de sedimentación, coagulación y floculación, siendo la más recomendada en investigaciones para analizar y tener una precisión considerable a mayor escala. En la mayoría de modelos poseen 6 ejes de rotación girando a la misma vez constantemente, asimismo emplea una velocidad máxima de 250 rpm, por esta razón cuenta con un mecanismo ascendente con la finalidad de introducir y extraer los ejes de una manera precisa dentro de los vasos precipitados (Aguilar et al. 2002).

## **1.4 Formulación del problema**

### **1.4.1 Problema General**

¿Cuál es la rendimiento del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) para la reducción de carga orgánica y *Escherichia Coli* en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018?

### 1.4.2 Problemas Específicos

#### Problema específico 1:

¿A qué velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus – indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) reduce la carga orgánica en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018?

#### Problema específico 2:

¿A qué velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus – indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) reduce la cantidad de bacterias *Escherichia Coli* en las diferentes diluciones de las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018?

#### Problema específico 3:

¿La remoción de carga orgánica y *Escherichia Coli* al aplicar el nopal (*Opuntia ficus – indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) cumplirá el D.S 004-2017-MINAM, categoría 3 – D1?

### 1.5 Justificación del estudio

La justificación del presente estudio está en comprobar el rendimiento del coagulante – floculante en polvo extraído del nopal como coagulante natural con nanopartículas de plata (AgNPs), en la reducción de carga orgánica y *Escherichia Coli* proveniente de las aguas superficiales del Río Pisco. Se optó por la utilidad del nopal (*Opuntia ficus - indica*), debido a que los coagulantes - floculantes no representa amenazas a la salud humana ni al medio ambiente.

Actualmente en la comunidad Cabeza de Toro ubicado en la provincia de Pisco el agua potable escasea por horas, incluso varios sectores no cuentan con servicios de alcantarillado y desagüe, debido a la falta de inversiones por parte de los municipios, asimismo las aguas proveniente del Río Pisco presenta sequias, aguas con elevada carga orgánica y coliformes, debido a las actividades antropogénicas, además no cumple los estándares de calidad ambiental (ECA) 004 -2017 MINAM. , en el tratamiento de aguas para riego de vegetales situando a los cultivos en un peligro latente, por esta razón se pretende aplicar coagulantes naturales como el

nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) para la reducción de carga orgánica y coliformes, los cuales fueron seleccionados por 3 fundamentos esenciales: apunta hacia el desarrollo sostenible, es amigable con el medio ambiente y opta por bajos costos

Motivo por el cual se promueve el desarrollo de la presente tesis: Rendimiento del coagulante del nopal (*Opuntia ficus – indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) en la reducción de carga orgánica y *Escherichia Coli* en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos, finalmente optar por la aplicación a gran escala en los tratamientos de aguas.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis General**

Ha: El empleo del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) será eficiente para la reducción de carga orgánica y *Escherichia Coli* en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.

Ho: El empleo del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) no será eficiente para la reducción de carga orgánica y coliformes en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

#### **Hipótesis específica 1**

Ha: La velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) reducirá la carga orgánica en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.

Ho: La velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) mantendrá la carga orgánica en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.

#### **Hipótesis específica 2**

Ha: La velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) reducirá la cantidad de bacterias *Escherichia Coli*

en las diferentes diluciones de las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.

Ho: La velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) mantendrá la cantidad de bacterias *Escherichia Coli* en las diferentes diluciones de las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.

### **Hipótesis específica 3**

Ha: La remoción de carga orgánica y *Escherichia Coli* después del tratamiento de aguas cumplirá el D.S 004-2017- MINAM, categoría 3 – D1.

Ho: La remoción de carga orgánica y *Escherichia Coli* después del tratamiento de aguas no cumplirá el D.S 004-2017- MINAM, categoría 3 – D1.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General**

Determinar el rendimiento del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) para la reducción de carga orgánica y *Escherichia Coli* en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

#### **Objetivo específico 1**

Determinar a qué velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus – indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) reduce la carga orgánica en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.

#### **Objetivo específico 2:**

Determinar a qué velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus – indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) reduce la cantidad de bacterias de *Escherichia Coli* en las diferentes diluciones de las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.

### Objetivo específico 3:

Comparar los resultados obtenidos de carga orgánica y *Escherichia Coli*, con los parámetros establecidos por la normativa vigente D.S 004-2017- MINAM, categoría 3 – D1.

## II. MÉTODO

### 2.1 Diseño de investigación

**Experimental:** Debido a la evaluación de los parámetros de las aguas superficiales.

En la presente investigación de tipo experimental se estableció un diseño bifactorial – aleatorio considerando la variable independiente: uso del coagulante en polvo de nopal (*Opuntia ficus – indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs), con velocidades de agitación (3 niveles diferentes rpm), dosis de nopal (0.5 , 0.7 y 0.9 mg) y dosis estables de nanopartículas de plata (0.5ml), determinados en la tabla N°3 con 3 repeticiones elaborando en total 12 muestras por triplicado por cada parámetro (DQO, DBO5, *Escherichia Coli*, pH, turbidez, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad), asimismo el periodo de sedimentación será 30 minutos.

**Tabla 3. Análisis Bifactorial - Concentración por velocidad de rotación**

Velocidades	Dosis	Resultados	Repeticiones
V(1)	C(0)	V(1).C(0)	3
	C(1)	V(1).C(1)	
	C(2)	V(1).C(2)	
	C(3)	V(1).C(3)	
V(2)	C(0)	V(2).C(0)	
	C(1)	V(2).C(1)	
	C(2)	V(2).C(2)	
	C(3)	V(2).C(3)	
V(3)	C(0)	V(3).C(0)	
	C(1)	V(3).C(1)	
	C(2)	V(3).C(2)	
	C(3)	V(3).C(3)	

Fuente: Elaboración Propia.



**Tabla 4. Diseño Bifactorial Concentración por velocidad de rotación.**

Medición de los parámetros Fisicoquímicos - Microbiológicos						Total
Repetición	Velocidad de Rotación (rpm)	Concentración de Coagulante (g/l) +0.5(ml) (AgNPs)				
		0	0.5	0.7	0.9	
1	20	V(1).C(0)	V(1).C(1)	V(1).C(2)	V(1).C(3)	4
	30	V(2).C(0)	V(2).C(1)	V(2).C(2)	V(2).C(3)	4
	40	V(3).C(0)	V(3).C(1)	V(3).C(2)	V(3).C(3)	4
2	20	V(1).C(0)	V(1).C(1)	V(1).C(2)	V(1).C(3)	4
	30	V(2).C(0)	V(2).C(1)	V(2).C(2)	V(2).C(3)	4
	40	V(3).C(0)	V(3).C(1)	V(3).C(2)	V(3).C(3)	4
3	20	V(1).C(0)	V(1).C(1)	V(1).C(2)	V(1).C(3)	4
	30	V(2).C(0)	V(2).C(1)	V(2).C(2)	V(2).C(3)	4
	40	V(3).C(0)	V(3).C(1)	V(3).C(2)	V(3).C(3)	4

Fuente: Elaboración Propia.

## 2.2 Operacionalización de variables.

RENDIMIENTO DEL NOPAL ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) CON NANOPARTÍCULAS DE PLATA (AgNPs) EN LA REDUCCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y <i>ESCHERICHIA COLI</i> EN LAS AGUAS DEL RÍO PISCO 2018.						
TIPO	VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDIDA
INDEPENDIENTE	Uso del coagulante en polvo de nopal ( <i>Opuntia ficus – indica</i> ) con nano partículas de plata (AgNPs).	El empleo de coagulantes extraídos del nopal ( <i>Opuntia - ficus</i> ) ha demostrado el mejoramiento de la calidad del agua (Castellanos, 2011)	El nopal ( <i>Opuntia - ficus</i> ) fue recolectado, lavado y dividido en diminutos trozos y secados en la estufa, posteriormente triturar y tamizar. Las nanopartículas de plata (AgNPs) se fabricarán mediante, electrólisis y varillas de plata con alta pureza de 99.9%, 10cm de largo y de 1 a 2 mm de sección.	Características del nopal en polvo	pH	1-14
					Granulometría	mm
					Humedad	%
				Análisis Foliar del nopal	Nitrógeno	%
					Fosforo	%
				Análisis Nanopartículas de plata (Ag).	Medidor de partículas	ppm
					Absorción atómica	mg/l
					Espectroscopía de UV - Visible	nm
				Dosis del nopal.	0.5	g/l
					0.7	
					0.9	
DEPENDIENTE	Reducción de carga orgánica en las aguas del Río Pisco.	Estimación de las propiedades fisicoquímicas que presenta el agua (Apaza, 2013)	Para el tratamiento de las aguas del Río Pisco se realizará mediante los	Parámetros Químicos	0.5	ml
					20	rpm
					30	
				Revoluciones por minuto	40	
					40	
DEPENDIENTE	Reducción de carga orgánica en las aguas del Río Pisco.	Estimación de las propiedades fisicoquímicas que presenta el agua (Apaza, 2013)	Para el tratamiento de las aguas del Río Pisco se realizará mediante los	Parámetros Químicos	PH	1-14
					DQO	mg/l
					DBO5	
					Turbidez	NTU

			parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el agua. El análisis se ejecutará mediante el test de jarras por tiempos determinado y velocidades de agitación determinados.	Parámetros Físicos	Temperatura	°C
					Oxígeno Disuelto	mg
					Conductividad	µS/cm
	Reducción de <i>Escherichia Coli</i> en las aguas del Río Pisco.	Evaluación de las propiedades microbiológicas que presenta el agua. (Tarazona & Peña, 2011)		Parámetros Microbiológicos.	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/ml

## 2.3 Población

### **Población:**

Se consideró el total de las aguas del Río Pisco, Comunidad Cabeza de Toro respecto a la siguiente localización 12° 52' y 76° 13' de longitud oeste de Greenwich.

### **Unidad de análisis:**

Se empleó 1 litro de las aguas del Río Pisco, Comunidad Cabeza de Toro, para el desarrollo de la presente tesis.

### **Muestra:**

Se utilizó 39 litros tomados en 3 puntos diferentes a 100 m de distancia de cada punto de agua del Río Pisco, Comunidad Cabeza de Toro, puesto que serán estimados para los análisis del desarrollo de la presente tesis. (ANA, 2011)

**Punto 1** (N: 8482891.0, E: 0393608.5).

**Punto 2** (N: 84828967.3, E: 0393455.0).

**Punto 3** (N: 8483061.8, E: 0393277.4).

**Tipo de muestreo:** No probabilístico.

Según el prototipo bifactorial seleccionado se logró conseguir las muestras totales:

$$N = A \times B \times R$$

-----Ecuación N° 1

Donde:

- A: Concentración del coagulante en polvo (4 dosis)
- B: Velocidades de rotación (4 revoluciones).
- R: 3 Repeticiones por parámetro.

Se logra en total:

$$N = 4 \times 3 \times 3 = 36$$

-----Ecuación N° 2

Seguidamente se presenta un cuadro de manera descriptiva:

**Tabla 5. Repartición de muestras de agua para el nopal (*Opuntia ficus – indica*)**

<b>Análisis</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>	<b>Muestras secundarias</b>	<b>Total</b>
<b>Pre tratamiento</b>	DQO	DBO5	<i>Escherichia Coli</i>	- Temperatura. - Conductividad - Turbidez. - OD. - PH.	--
<b>Volumen</b>	1 L	1 L	1 L	--	3 L
<b>Post tratamiento</b>	DQO	DBO5	<i>Escherichia Coli</i>	- Temperatura. - Conductividad - Turbidez. - OD. - PH.	--
<b>Volumen</b>	12 L	12 L	12 L	--	36 L
<b>Total</b>					39 L

Fuente: Elaboración Propia.

## **2.4 Técnica e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Técnica**

La técnica empleada es la observación y percepción apoyándonos según el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de Aguas, las muestras fueron tomadas en botellas de plástico de 1 litro y vasos esterilizados, previamente se realizó el enjuague de las botellas y vasos con la misma agua del Río Pisco, se agitó y aparto el gua de lavado curso abajo. La realización de dicha práctica tuvo como fin la supresión de cualquier tipo de sustancia existente dentro de las botellas que puedan alterar los resultados, las muestras serán recolectadas a partir de 20 cm de profundidad, contracorriente y con un adecuado ángulo, evitando tomar el frasco por la boquilla (ANA, 2011).

### 2.4.2 Instrumento

Se empleó la ficha de recolección de campo (Anexo N°2) formato cadena de custodia, para el respectivo análisis del agua antes de la aplicación del nopal (*Opuntia ficus – indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs), a su vez la ficha de observación (Anexo N°1) para determinar y evaluar la eficiencia del nopal en polvo con nanopartículas de plata como coagulante natural y biocida.

### 2.4.3 Validez y confiabilidad del instrumento

La comprobación y legitimidad de los materiales y equipos a emplear en la presente investigación, es una labor de suma importancia, debido a que garantiza la precisión de los materiales y equipos asignados al tesista, los cuales lograrán resultados confiables. Para efectuar con los requisitos de validación de instrumento se trabajará con expertos de investigación, a quienes se solicitó la evaluación por separado de los ítems de la presente investigación. Estos instrumentos fueron revisados por especialistas en la materia. Siendo los Siguietes.

- **Especialista 1:**

Apellidos y Nombres: Juan Alberto Peralta Medina.

Grado Académico: Ingeniero Industrial.

# De colegiatura: 56071.

- **Especialista 2:**

Apellidos y Nombres: Juan Julio Ordoñez Gálvez.

Grado Académico: Doctor en Medio Ambiente.

# De Colegiatura: 89972.

- **Especialista 3:**

Apellidos y Nombres: Freddy Franco Alvarado.

Grado Académico: Master Ingeniería Hidráulica.

# De Colegiatura: 39023.

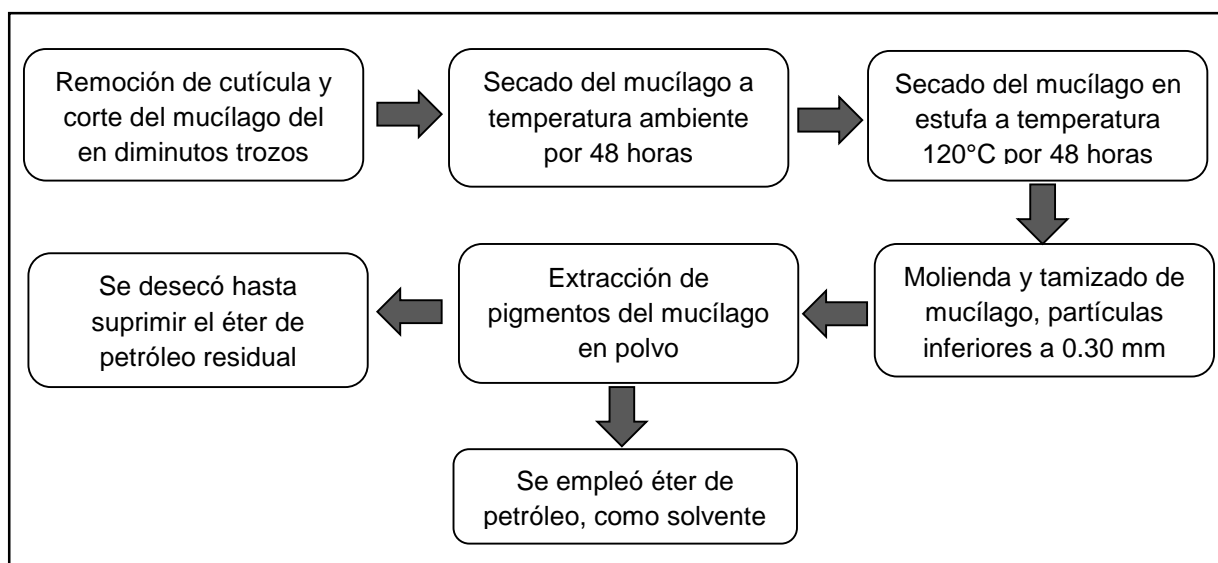
## 2.5 Método de análisis del desarrollo del proyecto de tesis

### 2.5.1 Metodología aplicada al desarrollo del proyecto de tesis

#### Coagulante natural (Cladodio Nopal)

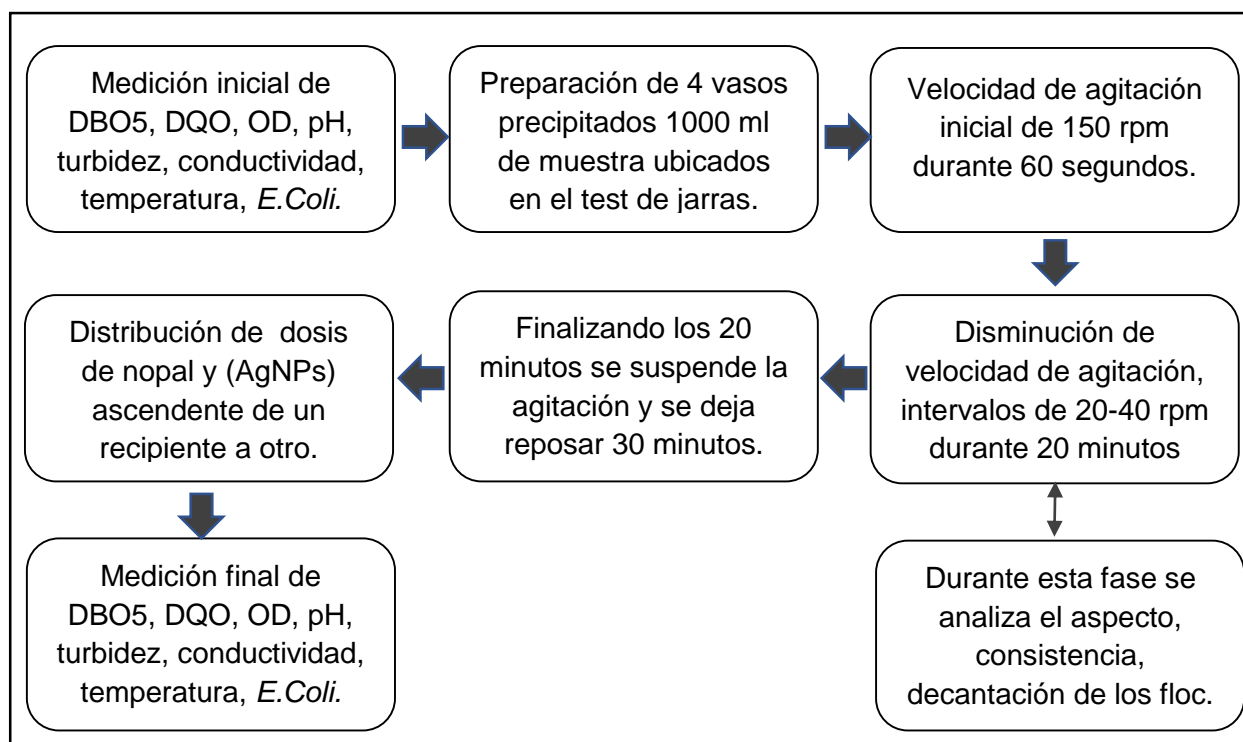
Los cladodios fueron recolectados en la provincia de Pisco, distrito Independencia en la comunidad Cabeza de Toro, para la elaboración del coagulante en polvo extraído del nopal (*Opuntia ficus – indica*), se destinó 10 cladodios, el peso total fue de 12 kg. Estas muestras fueron limpiadas e inmediatamente se extrae las espinillas y cutícula, seguidamente el mucílago se cortó en trozos para someterlo a temperatura ambiente por 48 horas mediante papel filtro simple, después se trasladó a laboratorio de química de la Universidad César Vallejo, Lima Norte, donde se llevó a la estufa mediante fuentes con papel aluminio a temperatura de 120° C por 48 horas.

Luego del secado del mucílago se llevó a cabo el retiro de las muestras secas, seguidamente se procedió al molido mediante un mortero, el cual dio como resultado 280 gr, asimismo se tamizó mediante un tamiz N° 50 equivalente a 0.30 mm, donde se obtuvo como producto final 231 g de polvo fino, finalmente se realizó la extracción de pigmentos, aceites y grasas mediante el extractor Soxleht aplicando éter de petróleo a temperatura de 60°C por 120 minutos aproximadamente.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 10.** Proceso para la extracción del nopal (*Opuntia – ficus indica*)



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 11.** Proceso para la extracción del nopal en polvo (*Opuntia - ficus indica*).

### Elaboración de nanopartículas de plata (AgNPs)

Para la obtención de nanopartículas de plata (AgNPs) a concentración de 15 ppm se necesitó 2 varillas de plata de alta pureza 99.9 %, agua desionizada, 3 baterías de 9 voltios, caimanos eléctricos, vaso precipitado de vidrio 250 ml. Se empleó el método de síntesis electroquímica, propuesto por Khaydarov y asistentes, el cual nos menciona producir un potencial de 20 voltios aproximadamente, con un amperímetro conectado en serie respecto a la fuente de potencial continuo, conectados en cada varilla de plata, asimismo sumergirlos dentro del agua desionizada a una distancia de separación aproximada de 1 a 4 cm, durante un periodo de 50 minutos (Blandón, et al. 2014).

### Ensayo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

**Método:** APHA – AWWA – WEF (2012), 5220 – D.

#### Reactivos:

- **Solución Amortiguadora o Buffer**
- Fosfato monopotásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ): 0.43 g.



- Fosfato dipotásico ( $K_2HPO_4$ ): 1.08 g.
- Fosfato disódico ( $Na_2HPO_4$ ): 3.61g.
- Cloruro de Amonio ( $NH_4Cl$ ): 0.085 g.

Para la preparación de la solución se necesitó 1.08 gramos de fosfato dipotásico ( $K_2HPO_4$ ), 3.61 gramos de fosfato disodico ( $Na_2HPO_4$ ), 0.085 gramos de cloruro de amonio ( $NH_4Cl$ ), 0.43 gramos de fosfato monopotásico, posteriormente para ser disuelto en 50 ml de agua destilada y enrasado en una fiola de 50 ml.

#### **- Solución de Sulfato de Magnesio**

Disolver 1.125 gramos de  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$  en agua destilada para luego diluir hasta 50 ml.

#### **- Solución Cloruro de Calcio**

Disolver 1.375 gramos de  $CaCl_2$  en agua destilada para luego diluir hasta 50 ml.

#### **- Solución Cloruro Férrico**

Disolver 0.025 gramos de  $FeCl_3$  en agua destilada para luego diluir hasta 100 ml.

#### **Procedimiento:**

Para el respectivo análisis se realizó una dilución al 10 %, se preparó 2000 ml de agua destilada en un vaso precipitado, donde se extrajo 500 ml de agua desionizada, el cual fue el blanco de la muestra. Dicho blanco será la muestra inicial de las pruebas, seguidamente se obtuvo el oxígeno disuelto inicial, el cual fue de 8.10 mg/l, asimismo se aplicó 2ml de cada solución (buffer, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico), seguidamente se descargó hacia el frasco winkler suprimiendo el oxígeno en el recipiente, con la finalidad de introducir en la incubadora a una temperatura de 35 – 38°C durante 5 días para la medición de las muestra, se optó por obtener cambios mínimos a los iniciales, ya que no presentó ningún cambio drástico en dicho blanco, debido a que se trata de agua destilada pura.

Después con los 1500 ml de agua desionizada sobrante se realizó la extracción de 150 ml de agua destilada para introducir 150 ml de la muestra contaminada del Punto N° 1, inmediatamente se mide el oxígeno disuelto el cual fue de 7.51 mg/l, asimismo se aplica 2 ml de cada solución (buffer, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico), seguidamente dicha solución se descarga en 3 frascos winkler suprimiendo el oxígeno, debido a la triple repetición para la disminución del margen de error, luego se lleva a la incubadora a una temperatura de 35 – 38°C durante 5 días para analizar el oxígeno disuelto final y realizar la respectiva (Ecuación N° 3). En otros frascos winkler se realizó el mismo procedimiento para el Punto N° 2 y Punto N° 3 con la finalidad de trabajar con el punto más contaminado de las aguas tomadas en el Río Pisco.

**Cálculo:**

$$DBO_5 = \frac{ODi - ODf}{Vm} \times 100$$

-----Ecuación N° 3

DBO5 = Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (mg/l O<sub>2</sub> bioquímico)

ODi= Oxígeno Disuelto Inicial.

ODf= Oxígeno Disuelto Final.

Vm= Volumen de la muestra sembrada.

**Ensayo de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

**Método:** APHA – AWWA – WEF (2012), 5220 – B.

**Reactivos:**

- **Solución Digestora Dicromato**

- Ácido Sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>): 16.7 g.

- Sulfato de Mercurio (HgSO<sub>4</sub>): 3.3 g.

- Dicromato de Potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>): 0.5 g.

Para la preparación de la solución digestora dicromato se necesitó 16.7 gramos de ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), 3.3 gramos de sulfato de mercurio ( $\text{HgSO}_4$ ), 0.5 gramos de dicromato de Potasio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), posteriormente para ser disuelto en 50 ml de ácido sulfúrico concentrado, se agitó por un periodo de 15 minutos hasta homogenizar la solución.

#### **- Solución Reactiva Digestora**

Sulfato de Mercurio ( $\text{HgSO}_4$ ): 0.75 g.

Solución Reactiva ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentrado: 50 ml

Para la preparación de la solución reactiva digestora concentrada se necesitó 16.7 gramos de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), 3.3 gramos de sulfato de mercurio ( $\text{HgSO}_4$ ), 0.5 gramos de dicromato de potasio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), posteriormente para ser disuelto en 50 ml de agua destilada y enrasado en una fiola de 50 ml.

#### **Procedimiento:**

Para el respectivo análisis se aplicó 5 patrones de biftalato de potasio, se realizó una dilución al 2 % (tabla N°6), debido a que las muestras de agua percibían un olor fuerte y alta turbidez, se procedió a extraer 25 ml de la muestra del punto N°1 para disponerlo en una fiola de 50 ml y enrasar con agua destilada. Luego según la tabla de métodos normalizados 5220: I (Cantidades de muestra y reactivos para varios vasos de digestión) se aplicó las dosis respecto a la (tabla N° 7), el cual menciona la cantidad de muestra de 2.5 ml adicionando 1.5 ml de dicromato de potasio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) y 3.5 solución reactiva digestora en un vial de 20 ml de capacidad.

Seguidamente al homogenizar dichas soluciones según la metodología establecida APHA – AWWA – WEF (2012), 5220 – B. menciona que la homogenización de las soluciones tiene que ser de un color naranja intenso, de lo contrario cambia drásticamente a color verde, quiere decir que hay presencia de materia orgánica o algún reactivo puede estar en malas condiciones. Se procedió a tomar las muestras en el Punto N° 2, Punto N° 3 y el blanco por triplicado con la finalidad de disminuir el porcentaje de error, además de trabajar con el punto más contaminado de las aguas tomadas en el Río Pisco.

Para la preparación del patrón de biftalato de potasio se estableció 5 patrones cada uno determinado con un patrón definido en 100 ml agua destilada, los cuales se presentan en la (tabla N° 8), luego se extrae 2.5 ml del patrón de 20, el cual se coloca en un vial, asimismo se aplica 1.5 de dicromato de potasio y 3.5 de ácido sulfúrico en todos los viales sucesivos. Finalmente se lleva a un termorector a una temperatura de 150 °C durante un periodo de 1 hora, para luego ser llevado al espectrofotómetro mediante una pequeña celda de muestra para leer la absorbancia respectiva de cada patrón y realizar la curva.

**Tabla 6. Diluciones aleatorias para la Demanda Química de Oxígeno.**

Muestra 50 ml				
Dilución (x2)	Dilución (x10)	Dilución (x20)	Dilución (x50)	Dilución(x200)
25 ml	50ml	2.5 ml	1 ml	0.25 ml

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 7. Métodos normalizados 5220 para la Demanda Química de Oxígeno :**

Vaso de digestión	Muestra (ml)	Sol. de digestión (ml)	Reactivo (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) (ml)	Vol. total final (ml)
Tubos de cultivo:				
16 x 100 mn	2.5	1.5	3.5	7.5
20 x 50 mn	5.0	3.0	7.0	15.0
25 x 150 mn	10.0	6.0	14.0	30.0
Ampollas estándar (10 ml)	2.5	1.5	3.5	7.5

Fuente: APHA – AWWA – WEF (2012), 5220 – B.

**Tabla 8. Patrones Biftalato de potasio para la Demanda Química de Oxígeno**

Patrón Biftalato de Potasio		
425 (mg)	1000 (ml)	5000 µgO <sub>2</sub> /ml
0.0425 (g)	100 (ml)	500 µgO <sub>2</sub> /ml
0.0017 (g)	100 (ml)	20 µgO <sub>2</sub> /ml
0.00425 (g)	100 (ml)	50 µgO <sub>2</sub> /ml
0.0085 (g)	100 (ml)	100 µgO <sub>2</sub> /ml

0.017 (g)	100 (ml)	200 µgO <sub>2</sub> /ml
0.0765 (g)	100 (ml)	900 µgO <sub>2</sub> /ml

Fuente: Elaboración Propia.

### Ensayo determinación de *Escherichia Coli*

**Método:** Growth by interpolation of *E.Coli* bacteria in MacConkey Agar UFC / ml plate.

#### Reactivos:

- MacConkey Agar: (12,3 g)
- Etanol 96%.
- Agua destilada.

#### Procedimiento:

El procedimiento fue iniciado con la preparación mediante interpolación, debido a que se emplea generalmente 49.53 g/l de agar MacConkey, es por ello que aplicamos 12.3 g de agar MacConkey en un matraz erlenmeyer de 250 ml con agua destilada agitando la muestra para la homogenización. Seguidamente se realizó la esterilización de los materiales con agua destilada y etanol (96%), luego se procedió al empleo del papel kraft envolviendo los materiales de laboratorio (Placas Petri, pipetas (5 ml), matraces) para dirigirlos hacia el equipo autoclave, el cual fue programado a una temperatura de 121 °C en un tiempo de 15 minutos.

Pasado del tiempo estimado se procedió a prender el mechero de bunsen con la finalidad de eliminar cualquier agente contaminante en los materiales esterilizados, del mismo modo se realizó las diluciones respectivas ( $10^0$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ) de los puntos muestreados, inmediatamente antes de alcanzar la coagulación se aplicó el agar MacConkey en cada una de las placas Petri esterilizadas, con el objetivo de analizar el punto más contaminado. A continuación se presenta las diluciones empleadas:

**Tabla 9. Diluciones exponenciales Demanda Química de Oxígeno.**

Diluciones	Volumen (ml)	Muestra
$10^0$	1	Agua contaminada
$10^{-1}$	0.1	Agua contaminada
$10^{-2}$	1	Agua Contaminada + agua destilada

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Se extrae:**

$10^0$ : (1 ml) de muestra contaminada.

$10^{-1}$ : (0.1 ml) de muestra contaminada

$10^{-2}$ : (0.01 ml) de muestra contaminada dentro de la solución de agua destilada.

Finalmente se llevó a cabo la incubación durante 24 horas con para observar el crecimiento exponencial de las bacterias *Escherichia Coli*.

## **2.6 Método de análisis de datos**

En la investigación se empleó la observación en los estudios de las muestras analizadas durante el desarrollo del test de jarras, debido a que se recolectó la información preliminar de la eficiencia del coagulante en polvo extraído del nopal (*Opuntia ficus – indica*).

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se ejecutaron en el laboratorio de Química y Biotecnología de la Universidad César Vallejo Lima - Norte.

Para la realización del análisis estadístico pertinente se aplicó estadística experimental con apoyo del software Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS versión 21), aplicando la técnica ANOVA de dos factores, intervalos de confianza y el método Honestly Significant Difference (HSD Tukey) para la visualización de las medias de los grupos.

Para determinar la eficiencia en la reducción de carga orgánica y *Escherichia coli* se empleó la siguiente (Ecuación N° 4).

#### Ecuación N° 4

$$\text{Eficiencia de reducción (\%)} = \frac{\text{Concentración inicial} - \text{concentración final}}{\text{concentración inicial}} \times 100$$

## 2.7 Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación, respeto los resultados obtenidos de las muestras realizadas en el laboratorio de la Universidad César Vallejo – Lima Norte, los cuales son respaldados y verificados por docentes de cada área en Química general y Microbiología, asimismo las referencias y fuentes textuales se basaron en la Norma ISO 690, en la presente tesis fueron citados de manera específica considerando las legalidades propias del autor.

## III. RESULTADOS

### 3.1 Evaluación en la reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO):

Tabla 10. Resultados de las pruebas - Demanda Química de Oxígeno.

Medición de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)				
Velocidad de rotación (RPM)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20	88.12	32.73	27.27	45.45
30	88.25	30.91	29.04	52.73
40	88.05	32.73	29.09	54.55

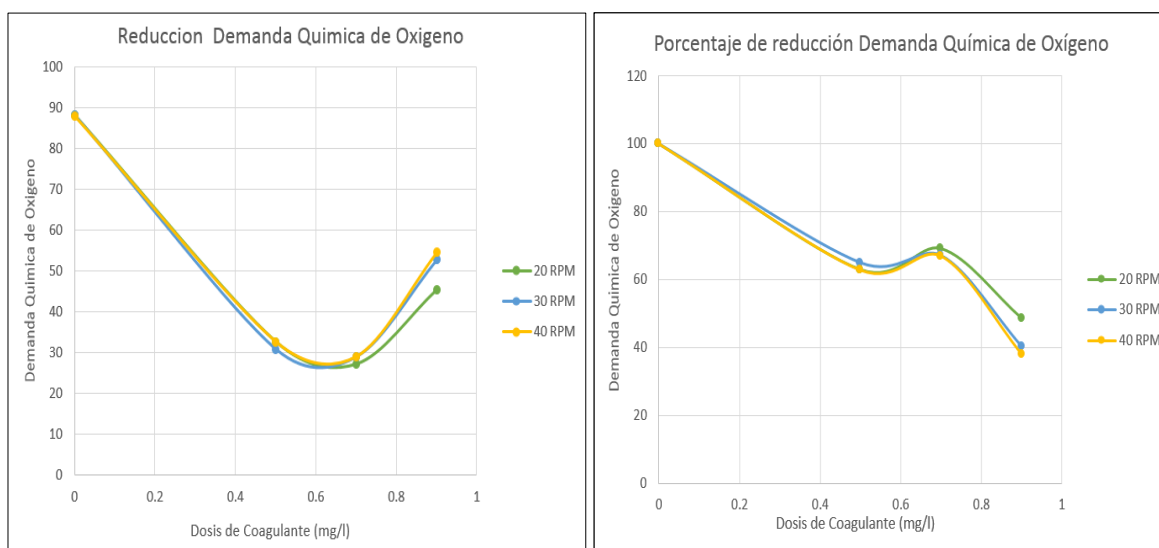
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Resultados porcentuales - Demanda Química de Oxígeno.

Medición de la Demanda Química de Oxígeno (%DQO)				
Velocidad de rotación (RPM)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20	100	62.86	69.05	48.42
30	100	64.97	67.09	40.25
40	100	62.83	66.96	38.05

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos se muestran en la (Tabla N° 10), donde se empleó el equipo 4802 UV/VIS Double Beam Spectrophotometer, el cual se utilizó para la medición de absorción atómica de cada muestra, previamente llevado al test de jarras. Analizando las cifras se observa que las muestras tratadas lograron reducir considerablemente a 20 RPM y 0.7 g/l con valores cercanos a 27.27 mg/l en relación al porcentaje de reducción 69.05% (Tabla N° 11), el cual indica que cumple con el D.S 004 -2017 – MINAM, categoría 3 - D1, apta para el riego de cultivos.



**Gráfico N° 1: Resultados Demanda Química de Oxígeno.**

Asimismo se observa en el (Gráfico N° 1), que durante la primera corrida, aplicando una rotación de 20 RPM y una concentración de 0.7 g/l + 0.5 ml de AgNPs, se alcanzó el mayor porcentaje de reducción 69.05%, logrando obtener un agua final con 27.27 g/l. Esta información permite afirmar que las condiciones llevadas a cabo en el test de jarras, permite la reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la cual fué favorecida al incremento intermedio de las concentraciones y velocidades de rotación.



**Tabla 12. Factores inter-sujetos Demanda Química de Oxígeno**

Factores inter-sujetos (DQO)		
	Niveles del factor	Repetición x 3
Velocidad de rotación (RPM)	20	4 x 3 = 12
	30	4 x 3 = 12
	40	4 x 3 = 12
Concentración de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	0	3 x 3 = 9
	0,5	3 x 3 = 9
	0,7	3 x 3 = 9
	0,9	3 x 3 = 9

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 13. Prueba de efectos inter-sujetos Demanda Química de Oxígeno.**

Pruebas de efectos inter-sujetos (DQO)					
RESULTADOS					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	20221,495 <sup>a</sup>	11	1838,318	17301,814	,000
Interceptación	89920,018	1	89920,018	846306,05	,000
REVOLUCIONES	52,657	2	26,329	247,799	,000
DOSIS	20058,684	3	6686,228	62929,206	,000
REVOLUCIONES * DOSIS	110,154	6	18,359	172,790	,000
Error	2,550	24	,106		
Total	110144,063	36			
Total corregido	20224,045	35			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

Fuente: Elaboración propia.

### Hipótesis Específica 1:

**H0:** La velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus –indica*) con nanopartículas de plata AgNPs mantendrá la carga orgánica de las aguas del Río Pisco para el riego de vegetales 2018.

**H1:** La velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus –indica*) con nanopartículas de plata AgNPs reducirá la carga orgánica de las aguas del Río Pisco para el riego de vegetales 2018.

## Conclusión:

Según la (Tabla N° 13) el P-valor es menor a 0,05 rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna por lo tanto concluimos que La velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus –indica*) con nanopartículas de plata AgNPs reducen la carga orgánica respecto a la demanda química de oxígeno de las aguas del Río Pisco para el riego de vegetales 2018.

**Tabla 14. HSD Tukey Velocidad (RPM) - Demanda Química de Oxígeno.**

RESULTADOS (DQO)		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
Velocidad de rotación (RPM)	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
20	12	48,3842
30	12	50,2367
40	12	51,3125
Sig.		,955
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.		
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15. HSD Tukey Concentración - Demanda Química de Oxígeno.**

RESULTADOS (DQO)					
HSD Tukey <sup>a</sup>					
Concentración de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0.7	9	28,6756			
0.5	9		32,1456		
0.9	9			50,9544	
00	9				88,1356
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.					

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la prueba HSD Tukey (Tabla N°14) en el subconjunto 1 con un alfa de 0.05, las medias no presentan diferencias significativas respecto a las velocidades de rotación (RPM), siendo el menor valor 48.38 mg/l a 20 RPM,

asimismo en la (Tabla N°15) nos muestra 4 subconjuntos con diferencias significativas a diferentes concentraciones de coagulante de nopal g/l + AgNPs 0.5 ml, resultado el menor valor 28.67 mg/l a 0.7 g/l, concluyendo que a 20 RPM Y 0.7 g/l disminuye significativamente la carga orgánica respecto a la demanda química de oxígeno (DQO).

**Tabla 16. Comparación de medias Demanda Química de Oxígeno.**

Comparación de medias (DQO)							
RESULTADOS							
Velocidad (RPM)	Conc. de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.
20	00	3	88,096	,04041	,02333	87,9963	88,1971
	0.5	3	32,803	,12702	,07333	32,4878	33,1189
	0.7	3	27,263	,01155	,00667	27,2346	27,2920
	0.9	3	45,373	,13279	,07667	45,0435	45,7032
	Total	12	48,384	24,90905	7,1906	32,5577	64,2106
30	00	3	88,236	,02309	,01333	88,1793	88,2940
	0.5	3	30,913	,00577	,00333	30,8990	30,9277
	0.7	3	29,066	,02309	,01333	29,0093	29,1240
	0.9	3	52,730	,00000	,00000	52,7300	52,7300
	Total	12	50,236	24,89128	7,18549	34,4215	66,0518
40	00	3	88,073	,04041	,02333	87,9729	88,1737
	0.5	3	32,720	,01732	,01000	32,6770	32,7630
	0.7	3	29,696	1,05078	,60667	27,0864	32,3069
	0.9	3	54,760	,36373	,21000	53,8564	55,6636
	Total	12	51,312	24,36649	7,03400	35,8308	66,7942

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la (Tabla N° 16), el mínimo valor medio que toma el valor de la demanda química de oxígeno (DQO) es 27.263 mg/l con un intervalo de confianza comprendido entre 27.2346 y 27.2920 calculado con un 95% de confianza, esto quiere decir que el 95% de los valores de la demanda química de oxígeno (DQO) que querramos medir se encontraran en este intervalo, además el intervalo de confianza mencionado también es menor a todos los demás, es decir no se cruzan. Finalmente concluimos que experimentando con 20 RPM y 0,7 de concentración

de coagulante de nopal g/l + AgNPs 0.5 ml reduce la carga orgánica respecto a la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas del Río Pisco, Comunidad Cabeza de Toro.

### 3.2 Evaluación en la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):

Tabla 17. Resultados de las pruebas - Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)				
Velocidad de rotación (RPM)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20	27.85	15.41	12.01	18.75
30	29.44	17.44	14.92	17.03
40	29.44	19.65	15.84	21.62

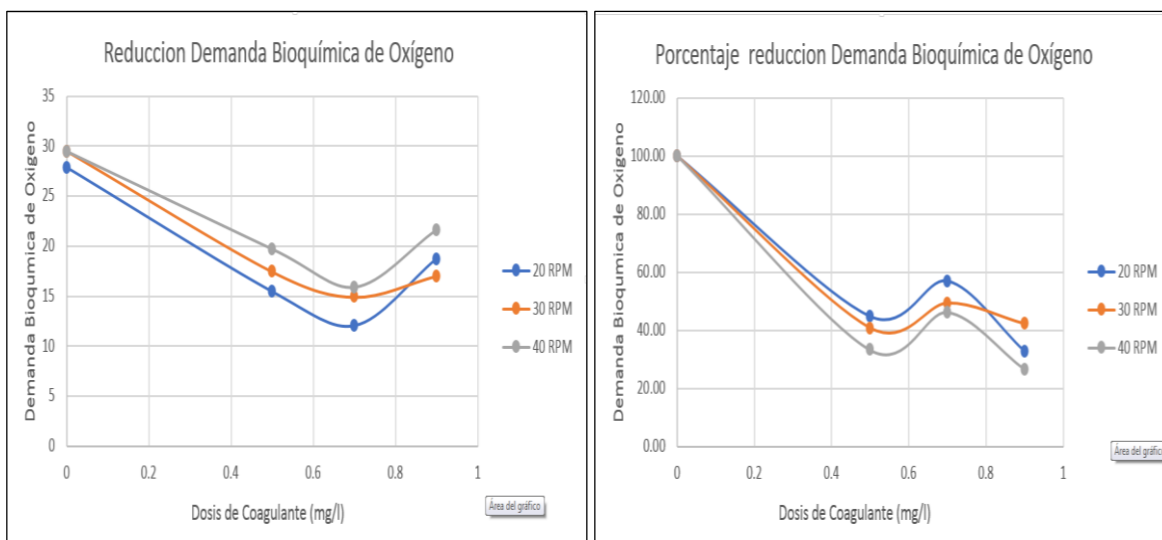
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Resultados porcentuales - Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (%DBO5)				
Velocidad de rotación (RPM)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20	100	44.67	56.88	32.68
30	100	40.76	49.32	42.15
40	100	33.25	46.20	26.56

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos se muestran en la (Tabla N° 17), donde se empleó el equipo Multiparámetro Hanna, Edge, el cual se utilizó para la medición del oxígeno disuelto inicial y final de cada respectiva muestra, con la finalidad de realizar la resta pasado los 5 días y multiplicarlo por dilución (x10). Analizando las cifras se observa que las muestras tratadas lograron reducir considerablemente a 20 RPM y 0.7 g/l con valores cercanos a 12.01 (mg/l) en relación al porcentaje de reducción 56.88% (Tabla N° 18), el cual indica que cumple con el D.S 004 -2017 – MINAM, categoría 3 - D1, apta para el riego de cultivos



**Gráfico N° 2: Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

Asimismo se observa en la (Gráfico N° 2), que durante la primera corrida, aplicando una rotación de 20 RPM y una concentración de 0.7 g/l + 0.5 ml de AgNPs, se alcanzó el mayor porcentaje de reducción 56.88%, logrando obtener un agua final con 12.01 g/l. Esta información permite afirmar que las condiciones llevadas a cabo en el test de jarras, permite la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), la cual fué favorecida al incremento intermedio de las concentraciones y velocidades de rotación.

**Tabla 19. Factores inter-sujetos Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

Factores inter-sujetos (DBO5)		
	Niveles del factor	Repetición x 3
Velocidad de rotación (RPM)	20	4 x 3 = 12
	30	4 x 3 = 12
	40	4 x 3 = 12
Concentración de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	0	3 x 3 = 9
	0,5	3 x 3 = 9
	0,7	3 x 3 = 9
	0,9	3 x 3 = 9

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 20. Prueba de efectos inter-sujetos Demanda Bioquímica de Oxígeno**

<b>Pruebas de efectos inter-sujetos (DBO5)</b>					
<b>RESULTADOS</b>					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	1152,876 <sup>a</sup>	11	104,807	18035,606	,000
Interceptación	14314,128	1	14314,128	2463234,33	,000
REVOLUCIONES	58,608	2	29,304	5042,719	,000
DOSIS	1064,620	3	354,873	61068,049	,000
REVOLUCIONES * DOSIS	29,649	6	4,941	850,347	,000
Error	,139	24	,006		
Total	15467,144	36			
Total corregido	1153,015	35			
a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)					

Fuente: Elaboración propia.

### **Hipótesis Específica 1:**

**H0:** La velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus –indica*) con nanopartículas de plata AgNPs mantendrá la carga orgánica de las aguas del Río Pisco para el riego de vegetales 2018.

**H1:** La velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus –indica*) con nanopartículas de plata AgNPs reducirá la carga orgánica de las aguas del Río Pisco para el riego de vegetales 2018.

### **Conclusión:**

Según la (Tabla N° 20) el P-valor es menor a 0,05 rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna por lo tanto concluimos que la velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus –indica*) con nanopartículas de plata AgNPs reducen la carga orgánica respecto a la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas del Río Pisco para el riego de vegetales 2018.

**Tabla 21. HSD Tukey Velocidad de rotación - Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

<b>RESULTADOS (DBO5)</b>		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
Velocidad de rotación (RPM)	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
20	12	18,5050
30	12	19,7108
40	12	21,6050
Sig.		,395
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.		
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 22. HSD Tukey Concentración - Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

<b>RESULTADOS (DBO5)</b>				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
Concentración de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
0.7	9	14,2689		
0.5	9		17,4933	
0.9	9		19,1422	
00	9			28,8567
Sig.		1,000	,173	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.				

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la prueba HSD Tukey (Tabla N°21) en el subconjunto 1 con un alfa de 0.05, las medias no presentan diferencias significativas respecto a las velocidades de rotación (RPM), siendo el menor valor 18.5050 mg/l a 20 RPM, asimismo en la (Tabla N°22) nos muestra 3 subconjuntos con diferencias significativas a diferentes concentraciones de coagulante de nopal g/l + AgNPs 0.5 ml, resultado el menor valor 14.26 mg/l a 0.7 g/l, concluyendo que a 20 RPM Y 0.7 g/l disminuye significativamente la carga orgánica respecto a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).

**Tabla 23. Comparación de medias Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

<b>Comparación de medias (DBO5)</b>							
<b>RESULTADOS</b>							
Velocidad (RPM)	Conc. de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.
20	00	3	27,8467	,04509	,02603	27,7347	27,9587
	0.5	3	15,3800	,07000	,04041	15,2061	15,5539
	0.7	3	12,0333	,02082	,01202	11,9816	12,0850
	0.9	3	18,7600	,01000	,00577	18,7352	18,7848
	Total	12	18,5050	6,15670	1,77729	14,5932	22,4168
30	00	3	29,4433	,00577	,00333	29,4290	29,4577
	0.5	3	17,4333	,02082	,01202	17,3816	17,4850
	0.7	3	14,9300	,04583	,02646	14,8162	15,0438
	0.9	3	17,0367	,01155	,00667	17,0080	17,0654
	Total	12	19,7108	5,95249	1,71834	15,9288	23,4929
40	00	3	29,2800	,24331	,14048	28,6756	29,8844
	0.5	3	19,6667	,01528	,00882	19,6287	19,7046
	0.7	3	15,8433	,00577	,00333	15,8290	15,8577
	0.9	3	21,6300	,01000	,00577	21,6052	21,6548
	Total	12	21,6050	5,11415	1,47633	18,3556	24,8544

**Fuente: Elaboración propia.**

Se observa en la (Tabla N° 23), el mínimo valor medio que toma el valor de la demanda química de oxígeno (DBO5) es 12.033 mg/l con un intervalo de confianza comprendido entre 11.9816 y 12.0550 calculado con un 95% de confianza, esto quiere decir que el 95% de los valores de la demanda química de oxígeno (DBO5) que querramos medir se encontraran en este intervalo, además el intervalo de confianza mencionado también es menor a todos los demás, es decir no se cruzan. Finalmente concluimos que experimentando con 20 RPM y 0,7 de concentración de coagulante de nopal g/l + AgNPs 0.5 ml reduce la carga orgánica respecto a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en las aguas del Río Pisco, Comunidad Cabeza de Toro.



### 3.3 Evaluación en la reducción de la Bacteria *Escherichia coli* (UFC/ml).

Tabla 24. Resultados de las pruebas - *Escherichia Coli*.

Medición de <i>Escherichia Coli</i> (UFC)												
RPM	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)											
	0			0.5			0.7			0.9		
	Diluciones											
	1	0.1	0.01	1	0.1	0.01	1	0.1	0.01	1	0.1	0.01
20	>300	>300	12000	5	--	--	4	--	--	8	--	--
30	>300	>300	12700	8	--	--	6	--	--	9	--	--
40	>300	>300	12800	9	--	--	9	--	--	9	--	--

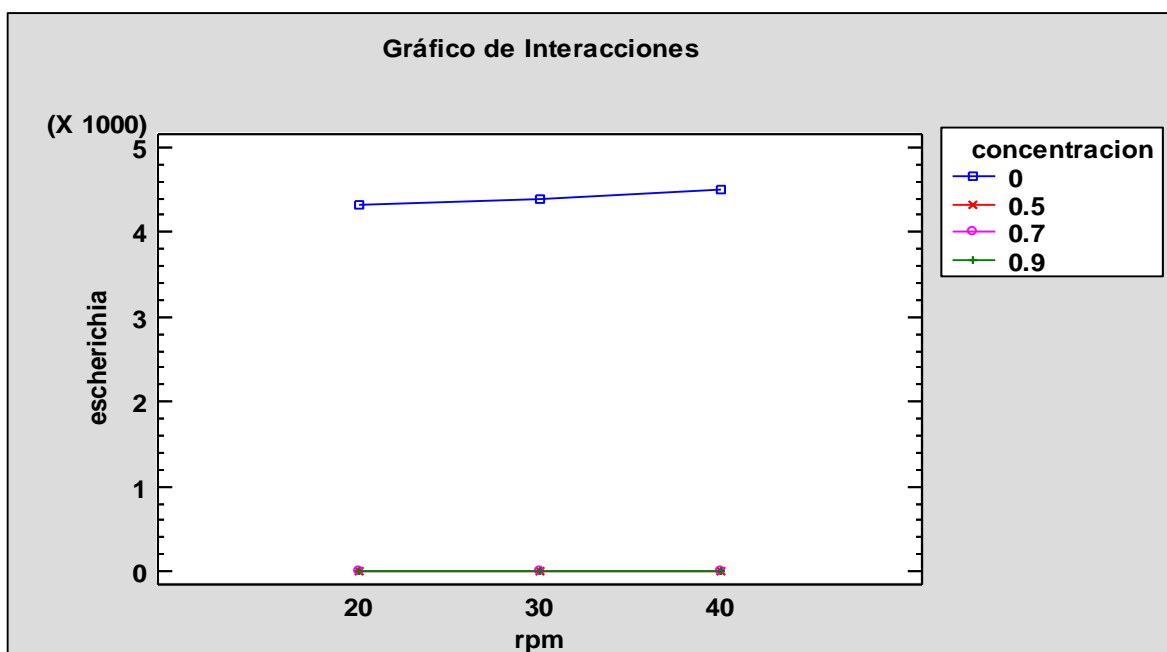
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Resultados porcentuales de la *Escherichia Coli*.

Medición de <i>Escherichia Coli</i> (%UFC)												
RPM	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)											
	0			0.5			0.7			0.9		
	Diluciones											
	1	0.1	0.01	1	0.1	0.01	1	0.1	0.01	1	0.1	0.01
20	100	100	100	98.3	100	100	98.6	100	100	8	97.3	100
30	100	100	100	97.3	100	100	98	100	100	9	97	100
40	100	100	100	97	100	100	97	100	100	9	97	100

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos se muestran en la (Tabla N° 24), donde se empleó el equipo Counter Colony CC-1 BOECO, el cual se utilizó para el conteo de colonias de *Escherichia Coli* de cada muestra, previamente llevado al test de jarras e incubado por 48 horas. Analizando las cifras se observa que las muestras tratadas lograron eliminar totalmente la bacteria a 20 RPM, 0.7 g/l y diluciones de 0.1 y 0.01 en relación al porcentaje de reducción 100 % (Tabla N° 25), el cual indica que es un potente biocida.



**Gráfico N° 3: Resultados *Escherichia Coli*.**

Asimismo se observa en la (Gráfico N° 3), que durante la primera corrida, aplicando una rotación de 20 RPM, concentración de 0.7 g/l + 0.5 ml de AgNPs, dilución de 0.1 y 0.01, se alcanzó el mayor porcentaje de reducción de la bacteria *Escherichia Coli* en 100 %, logrando obtener un agua final con 0.00 UFC/ml . Esta información permite afirmar que las condiciones llevadas a cabo en el test de jarras e incubación por 48 horas, permite la reducción de la bacteria *Escherichia Coli* en las muestras analizadas provenientes del Río Pisco Comunidad Cabeza de Toro.

**Tabla 26. Factores inter-sujetos - *Escherichia Coli*.**

Factores inter-sujetos <i>Escherichia Coli</i> (UFC)		
	Niveles del factor	Repetición x 3
Velocidad de rotación (RPM)	20	4 x 3 = 12
	30	4 x 3 = 12
	40	4 x 3 = 12
Concentración de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	0	3 x 3 = 9
	0,5	3 x 3 = 9
	0,7	3 x 3 = 9
	0,9	3 x 3 = 9
Diluciones	1	3 x 3 = 9
	0.1	3 x 3 = 9
	0.01	3 x 3 = 9

**Fuente: Elaboración propia.**

Tabla 27. Prueba de efectos inter-sujetos *Escherichia Coli*.

Pruebas de efectos inter-sujetos <i>Escherichia Coli</i> (UFC)					
Resultados					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	1339919971647,62	35	38283427761,36	7800886	,000
Interceptación	281519516445,04	1	281519516445,04	57364292	,000
REVOLUCIONES	46706,907	2	23353,454	4,759	,011
DOSIS	844480129944,66	3	281493376648,22	57358966	,000
DILUCIONES	123869019023,40	2	61934509511,70	12620188	,000
REVOLUCIONES * DOSIS	136267,61	6	22711,26	4,628	,000
REVOLUCIONES * DILUCIONES	90530,48	4	22632,62	4,612	,002
DOSIS * DILUCIONES	371570273756,00	6	61928378959,33	12618939	,000
REVOLUCIONES * DOSIS * DILUCIONES	275418,55	12	22951,54	4,677	,000
Error	353345,333	72	4907,57		
Total	1621439841438,00	108			
Total corregido	1339920324992,96	107			
a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)					

Fuente: Elaboración propia.

### Hipótesis Específica 2:

**H0:** La velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus –indica*) con nanopartículas de plata AgNPs mantendrá la cantidad de bacterias *Escherichia Coli* en las diferentes diluciones de las aguas del Río Pisco para el riego de vegetales 2018.

**H1:** La velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus –indica*) con nanopartículas de plata AgNPs reducirá la cantidad de bacterias *Escherichia Coli* en las diferentes diluciones de las aguas del Río Pisco para el riego de vegetales 2018.

## Conclusión:

Según la (Tabla N° 27) el P-valor es menor a 0,05 rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna por lo tanto concluimos que la velocidad de rotación y concentración del nopal (*Opuntia ficus –indica*) con nanopartículas de plata AgNPs reducen la cantidad de bacterias *Escherichia Coli* en las diferentes diluciones de las aguas del Río Pisco para el riego de vegetales 2018.

**Tabla 28. HSD Tukey Velocidad (RPM) - *Escherichia Coli*.**

RESULTADOS <i>Escherichia Coli</i> (UFC)		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
Velocidad de rotación (RPM)	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
20	36	51032,08
30	36	51051,75
40	36	51082,61
Sig.		1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.		
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 36,000.		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 29. HSD Tukey Concentración - *Escherichia Coli*.**

RESULTADOS <i>Escherichia Coli</i> (UFC)			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
Concentración de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
0.7	27	2,04	204214,81
0.5	27	2,26	
0.9	27	2,81	
00	27		
Sig.		1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 27,000.			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 30. HSD Tukey Dilución - *Escherichia Coli*.**

<b>RESULTADOS <i>Escherichia Coli</i> (UFC)</b>			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
Diluciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
,01	36	3161,11	
,10	36		75000,00
1,00	36		75005,33
Sig.		1,000	1,000
,01	36	3161,11	
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 36,000.			

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la prueba HSD Tukey (Tabla N°28) en el subconjunto 1 con un alfa de 0.05, las medias no presentan diferencias significativas respecto a las velocidades de rotación (RPM), siendo el menor valor 51032.08 UFC/ml a 20 RPM, asimismo en la (Tabla N°29) muestra 2 subconjuntos con diferencias significativas respecto a la muestra inicial con las diferentes concentraciones de coagulante de nopal g/l + AgNPs 0.5 ml, resultado el menor valor 2.04 UFC/ml a 0.7 g/l, finalmente en la (Tabla N°30) muestra las diluciones respecto a las concentraciones del nopal logrando el menor valor 316.11 UFC/ml, concluyendo que a 20 RPM, 0.7 g/l, dilución de 0.1 y 0.01 reduce y elimina potencialmente la bacteria *Escherichia Coli*.

**Tabla 31. Comparación de medias *Escherichia Coli* (20 rpm x 1).**

<b>Comparación de medias <i>Escherichia Coli</i> (UFC)</b>							
<b>RESULTADOS</b>							
Velocidad (RPM)	Conc. de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.
20	,0	3	300000	,000	,000	300000,0	300000,0
	,5	3	6,00	1,000	,577	3,52	8,48
	,7	3	4,33	,577	,333	2,90	5,77
	,9	3	8,00	,000	,000	8,00	8,00
	Total	12	75004,5	135677,3	39166,6	-11200,69	161209,85

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Comparación de medias *Escherichia Coli* (20 rpm x 0.1).

Comparación de medias <i>Escherichia Coli</i> (UFC)							
RESULTADOS							
Velocidad (RPM)	Conc. de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.
20	,0	3	300000	,000	,000	300000,0	300000,0
	,5	3	,00	,000	,000	,00	,00
	,7	3	,00	,000	,000	,00	,00
	,9	3	,00	,000	,000	,00	,00
	Total	12	75000,0	135680,10	39167,47	-11207,03	161207,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Comparación de medias *Escherichia Coli* (20 rpm x 0.01).

Comparación de medias <i>Escherichia Coli</i> (UFC)							
RESULTADOS							
Velocidad (RPM)	Conc. de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.
20	,0	3	12366,6	351,188	202,759	11494,2	13239,0
	,5	3	,00	,000	,000	,00	,00
	,7	3	,00	,000	,000	,00	,00
	,9	3	,00	,000	,000	,00	,00
	Total	12	3091,67	5595,040	1615,149	-463,25	6646,59

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Comparación de medias *Escherichia Coli* (30 rpm x 1).

Comparación de medias <i>Escherichia Coli</i> (UFC)							
RESULTADOS							
Velocidad (RPM)	Conc. de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.
30	,0	3	300000,00	,000	,000	300000,0	300000,0
	,5	3	7,00	1,000	,577	4,52	9,48
	,7	3	5,33	,577	,333	3,90	6,77
	,9	3	8,67	,577	,333	7,23	10,10

	Total	12	75005,2	135676,93	39166,55	-11199,76	161210,26
--	-------	----	---------	-----------	----------	-----------	-----------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Comparación de medias *Escherichia Coli* (30 rpm x 0.1).

Comparación de medias <i>Escherichia Coli</i> (UFC)							
RESULTADOS							
Velocidad (RPM)	Conc. de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.
30	,0	3	300000	,000	,000	300000,00	300000,0
	,5	3	,00	,000	,000	,00	,00
	,7	3	,00	,000	,000	,00	,00
	,9	3	,00	,000	,000	,00	,00
	Total	12	75000,0	135680,10	39167,47	-11207,03	161207,03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Comparación de medias *Escherichia Coli* (30 rpm x 0.01).

Comparación de medias <i>Escherichia Coli</i> (UFC)							
RESULTADOS							
Velocidad (RPM)	Conc. de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.
30	,0	3	12600,0	100,000	57,735	12351,59	12848,41
	,5	3	,00	,000	,000	,00	,00
	,7	3	,00	,000	,000	,00	,00
	,9	3	,00	,000	,000	,00	,00
	Total	12	3150,00	5698,724	1645,080	-470,80	6770,80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Comparación de medias *Escherichia Coli* (40 rpm x 1).

Comparación de medias <i>Escherichia Coli</i> (UFC)							
RESULTADOS							
Velocidad (RPM)	Conc. de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.

	,0	3	300000	,000	,000	300000,00	300000,00
	,5	3	7,33	1,528	,882	3,54	11,13
40	,7	3	8,67	,577	,333	7,23	10,10
	,9	3	8,67	,577	,333	7,23	10,10
	Total	12	75006,1	135676,38	39166,39	-11198,50	161210,83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Comparación de medias *Escherichia Coli* (40 rpm x 0.1).

Comparación de medias <i>Escherichia Coli</i> (UFC)							
RESULTADOS							
Velocidad (RPM)	Conc. de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.
	,0	3	300000	,000	,000	300000,00	300000,00
	,5	3	,00	,000	,000	,00	,00
40	,7	3	,00	,000	,000	,00	,00
	,9	3	,00	,000	,000	,00	,00
	Total	12	75000	135680,10	39167,47	-11207,03	161207,03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Comparación de medias *Escherichia Coli* (40 rpm x 0.01).

Comparación de medias <i>Escherichia Coli</i> (UFC)							
RESULTADOS							
Velocidad (RPM)	Conc. de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
						Lím. Inf.	Lím. Sup.
	,0	3	12966,6	208,167	120,185	12449,55	13483,78
	,5	3	,00	,000	,000	,00	,00
40	,7	3	,00	,000	,000	,00	,00
	,9	3	,00	,000	,000	,00	,00
	Total	12	3241,67	5865,067	1693,099	-484,82	6968,15

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la (Tabla N° 34), el mínimo valor medio que toma el valor de la bacteria *Escherichia Coli* UFC/ml a 20 RPM, 0.7 g/l y dilución  $10^0$  es 4. 33 UFC/ml con un intervalo de confianza comprendido entre 2.90 y 5.77 calculado con un 95%



de confianza, esto quiere decir que el 95% de los valores de la bacteria *Escherichia Coli* UFC/ml, que querramos medir se encontrarán en este intervalo, además el intervalo de confianza mencionado también es menor a todos los demás, es decir no se cruzan. Finalmente concluimos que experimentando con 20 RPM, 0,7 g/l y dilución  $10^0$  reduce significativamente la bacteria *Escherichia Coli* UFC/ml en las aguas del Río Pisco, Comunidad Cabeza de Toro.

### 3.4 Evaluación en el equilibrio del Oxígeno Disuelto (OD):

Tabla 40. Resultados de las pruebas - Oxígeno Disuelto.

Medición de variación de oxígeno disuelto (OD)				
Velocidad de rotación (rpm)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20 RPM	7.15	7.28	7.90	7.15
30 RPM	7.03	7.40	7.85	7.15
40 RPM	7.50	7.30	7.30	7.05

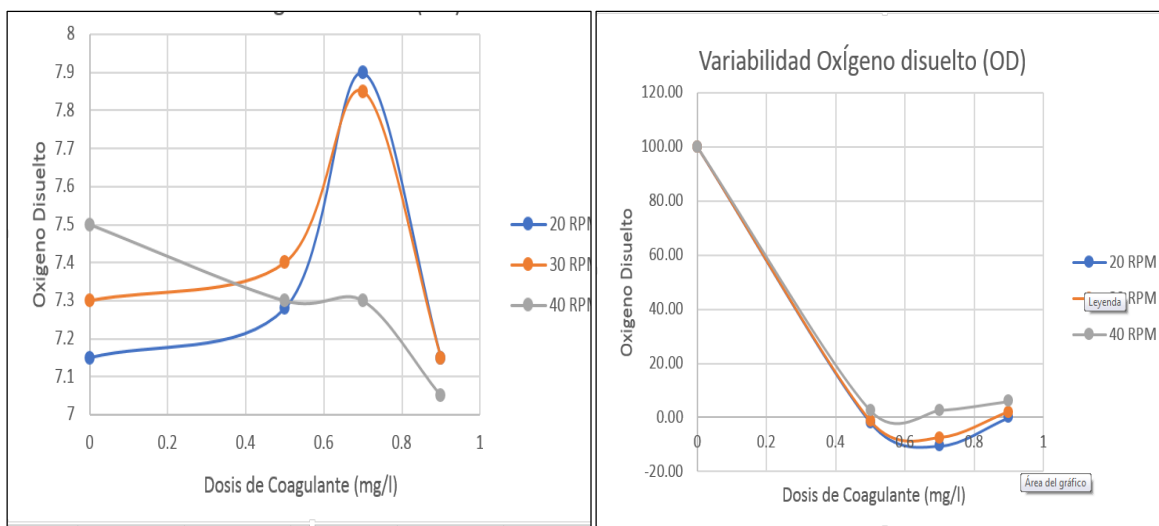
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Resultados porcentuales - Oxígeno Disuelto.

Medición de variación de oxígeno disuelto (%OD)				
Velocidad de rotación (rpm)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20 RPM	100	1.82	10.49	00.00
30 RPM	100	1.37	7.53	2.05
40 RPM	100	2.67	2.67	6.00

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos se muestran en la (Tabla N° 40), donde se empleó el equipo Multiparámetro Hanna, Edge, el cual se utilizó para la medición del oxígeno disuelto inicial y final de cada respectiva muestra. Analizando las cifras se observa que las muestras tratadas lograron no variar considerablemente observando valores cercanos a 7.90 mg/l en relación al porcentaje de aumento de 10.49% (Tabla N° 41), el cual indica que cumple con el D.S 004 -2017 – MINAM, categoría 3 - D1, apta para el riego de cultivos.



**Gráfico N° 4: Resultados Oxígeno Disuelto.**

Asimismo se observa en la (Gráfico N° 4), que durante la primera corrida, aplicando una rotación de 20 rpm y una concentración de 0.7 g/l + 0.5 ml de AgNPs, se alcanzó el mayor porcentaje de neutralidad 10.49%, logrando obtener un agua final con 7.90 g/l. Esta información permite afirmar que las condiciones llevadas a cabo en el test de jarras, mantiene el Oxígeno Disuelto en las muestras de agua, la cual fué favorecida al incremento intermedio de las concentraciones y velocidades de rotación.

**Tabla 42. HSD Tukey Velocidad (RPM) - Oxígeno Disuelto.**

RESULTADOS OXÍGENO DISUELTO (OD)		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
Velocidad de rotación (RPM)	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
20	12	7,2958
30	12	7,3675
40	12	7,4250
Sig.		,473
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.		
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.		

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 43. HSD Tukey Concentración - Oxígeno Disuelto.**

<b>RESULTADOS OXÍGENO DISUELTO (OD)</b>				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
Concentración de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
0.7	9	7,1067		
0.5	9	7,3200	7,3200	
0.9	9		7,3356	
00	9			7,6889
Sig.		,052	,997	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.				

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la prueba HSD Tukey (Tabla N°42) en el subconjunto 1 con un alfa de 0.05, las medias no presentan considerables diferencias significativas respecto a las velocidades de rotación (RPM), siendo el menor valor 7.2958 mg/l a 20 RPM, asimismo en la (Tabla N°43) nos muestra 3 subconjuntos con limitadas diferencias significativas a diferentes concentraciones de coagulante de nopal g/l + AgNPs 0.5 ml, resultado el menor valor 7.1067 mg/l a 0.7 g/l, concluyendo que a 20 RPM Y 0.7 g/l no altera significativamente el oxígeno disuelto (OD).

### 3.5 Evaluación en la reducción de Turbidez (NTU)

**Tabla 44. Resultados de las pruebas - Turbidez.**

<b>Medición de variación de Turbidez (NTU)</b>				
Velocidad de rotación (rpm)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20 RPM	30.00	19.00	10.00	18.00
30 RPM	31.00	19.00	11.00	18.00
40 RPM	32.00	20.00	12.00	17.00

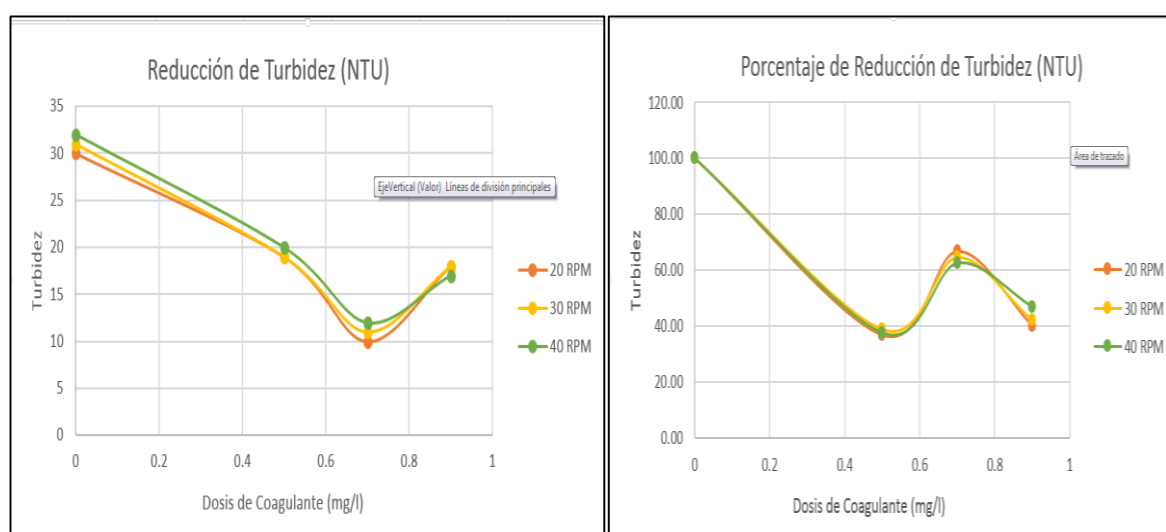
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 45. Resultados porcentuales - Turbidez.**

Medición de variación de Turbidez ( %NTU)				
Velocidad de rotación (rpm)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20 RPM	100	36.67	66.67	40.00
30 RPM	100	38.71	64.52	41.94
40 RPM	100	37.50	62.50	46.88

**Fuente: Elaboración propia.**

Los valores obtenidos se muestran en la (Tabla N° 44), donde se empleó el equipo Turbidity & Free /Total Chlorine, el cual se utilizó para la medición la turbidez inicial y final de cada respectiva muestra. Analizando las cifras se observa que las muestras tratadas lograron reducir considerablemente observando valores cercanos a 10.00 NTU en relación al porcentaje de reducción 66.67% (Tabla N° 45), el cual indica una a aproximación al D.S 004 -2017 – MINAM, categoría 1 - A1.



**Gráfico N° 5: Resultados Turbidez.**

Asimismo se observa en la (Gráfico N° 5), que durante la primera corrida, aplicando una rotación de 20 rpm y una concentración de 0.7 g/l + 0.5 m de AgNPs, se alcanzó el mayor porcentaje de reducción (66.67%), logrando obtener un agua final con 10.00 NTU. Esta información permite afirmar que las condiciones llevadas a cabo en el test de jarras, reduce considerablemente la turbidez en las muestras de agua,

la cual fué favorecida al incremento intermedio de las concentraciones y velocidades de rotación.

**Tabla 46. HSD Tukey Velocidad (RPM) - Turbidez.**

<b>RESULTADOS TURBIDEZ (NTU)</b>		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
Velocidad de rotación (RPM)	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
20	12	19,25
30	12	20,08
40	12	20,58
Sig.		,906
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.		
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 47. HSD Tukey Concentración - Turbidez.**

<b>RESULTADOS TURBIDEZ (NTU)</b>				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
Concentración de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
0.7	9	10,89		
0.5	9		18,00	
0.9	9			19,67
00	9			
Sig.		1,000	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.				

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la prueba HSD Tukey (Tabla N°46) en el subconjunto 1 con un alfa de 0.05, las medias no presentan considerables diferencias significativas respecto a las velocidades de rotación (RPM), siendo el menor valor 19.25 NTU a 20 RPM, asimismo en la (Tabla N°47) nos muestra 3 subconjuntos con diferencias significativas a diferentes concentraciones de coagulante de nopal g/l + AgNPs 0.5 ml, resultado el menor valor 10.89 NTU a 0.7 g/l, concluyendo que a 20 RPM Y 0.7 g/l disminuye significativamente la carga orgánica respecto a la turbidez (NTU).

### 3.6 Evaluación en el equilibrio de Temperatura (°C)

Tabla 48. Resultados de las pruebas – Temperatura.

Medición de variación de Temperatura (°C)				
Velocidad de rotación (rpm)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20 RPM	22.40	23.50	22.80	23.00
30 RPM	22.00	22.00	22.10	22.20
40 RPM	22.10	22.50	23.40	23.00

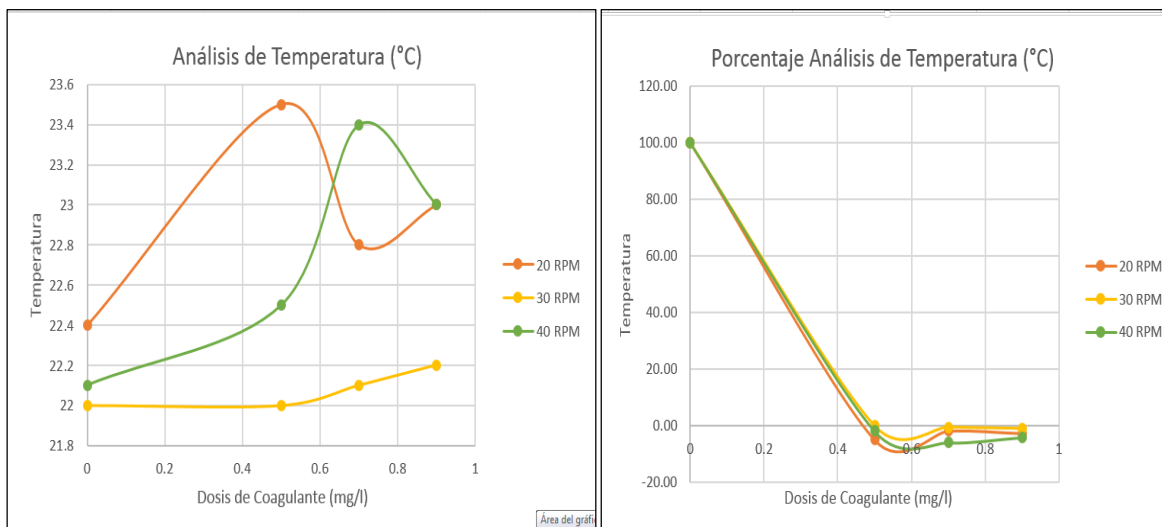
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Resultados porcentuales - Temperatura.

Medición de variación de Temperatura (%°C)				
Velocidad de rotación (rpm)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20 RPM	100	4.91	1.79	2.68
30 RPM	100	00.00	0.45	0.91
40 RPM	100	1.81	5.88	4.07

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos se muestran en la (Tabla N° 48), donde se empleó el equipo Multiparámetro Hanna, Edge, el cual se utilizó para la medición la temperatura inicial y final de cada respectiva muestra. Analizando las cifras se observa que las muestras tratadas lograron mantener la temperatura de las muestras analizadas observando valores cercanos a 22.80 °C en relación al porcentaje de reducción (+/- 01.00%) (Tabla N° 49), el cual indica que cumple con el D.S 004 -2017 – MINAM, categoría 3 - D1, apta para el riego de cultivos.



**Gráfico N° 6: Resultados Temperatura.**

Asimismo se observa en la (Gráfico N° 6), que durante la primera corrida, aplicando una rotación de 20 rpm y una concentración de 0.7 g/l + 0.5 ml de AgNPs, se alcanzó el mayor porcentaje de temperatura 1.79%, logrando obtener una muestra de agua final con 22.80 °C. Esta información permite afirmar que las condiciones llevadas a cabo en el test de jarras, no altera en gran manera la temperatura de las muestras analizadas, la cual fué favorecida al incremento intermedio de las concentraciones y velocidades de rotación.

**Tabla 50. HSD Tukey Velocidad de rotación - Temperatura.**

RESULTADOS TEMPERATURA (°C)		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
Velocidad de rotación (RPM)	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
20	12	21,992
30	12	22,475
40	12	
Sig.		,180

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 51. HSD Tukey Concentración - Temperatura.**

<b>RESULTADOS TEMPERATURA (°C)</b>				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
Concentración de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
0.7	9	21,778		9
0.5	9	22,489	22,489	9
0.9	9		22,667	9
00	9		22,678	9
Sig.		,097	,919	
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.				

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la prueba HSD Tukey (Tabla N°50) en el subconjunto 1 con un alfa de 0.05, las medias no presentan considerables diferencias significativas respecto a las velocidades de rotación (RPM), siendo el menor valor 21.992 °C a 20 RPM, asimismo en la (Tabla N°51) nos muestra 3 subconjuntos con limitadas diferencias significativas a diferentes concentraciones de coagulante de nopal g/l + AgNPs 0.5 ml, resultado el menor valor 21.778 °C a 0.7 g/l, concluyendo que a 20 RPM Y 0.7 g/l no altera significativamente la temperatura (°C).

### 3.7 Evaluación en el equilibrio del Potencial Hidrógeno (pH)

**Tabla 52. Resultados de la variación del Potencial Hidrógeno.**

<b>Medición de variación de Potencial Hidrogeno (pH)</b>				
Velocidad de rotación (rpm)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20 RPM	8.54	7.01	7.19	7.04
30 RPM	8.44	7.13	7.10	7.16
40 RPM	8.53	7.74	7.05	7.92

Fuente: Elaboración propia.

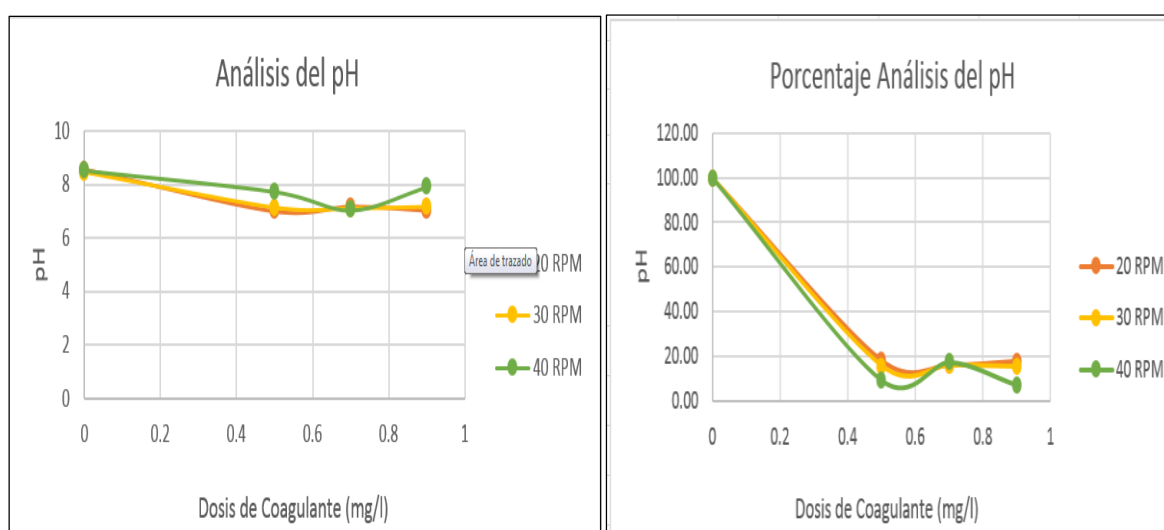


**Tabla 53. Resultados porcentuales de la variación del Potencial Hidrógeno.**

Medición de variación de Potencial Hidrogeno (%pH)				
Velocidad de rotación (rpm)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20 RPM	100	17.92	15.81	17.56
30 RPM	100	15.52	15.88	15.17
40 RPM	100	9.26	17.35	7.15

**Fuente: Elaboración propia.**

Los valores obtenidos se muestran en la (Tabla N° 52), donde se empleó el equipo Multiparámetro Hanna, Edge, el cual se utilizó para la medición del potencial de hidrogeno pH inicial y final de cada respectiva muestra. Analizando las cifras se observa que las muestras tratadas lograron mantener el potencial hidrógeno pH de las muestras analizadas observando valores cercanos a 7.19 en relación al porcentaje de equilibrio 15.81 % (Tabla N° 53), el cual indica que cumple con el D.S 004 -2017 – MINAM, categoría 3 - D1, apta para el riego de cultivos.



**Gráfico N° 7: Resultados Potencial Hidrógeno.**

Asimismo se observa en la (Gráfico N° 7), que durante la primera corrida, aplicando una rotación de 20 RPM y una concentración de 0.7 g/l + 0.5 ml de AgNPs, se alcanzó el porcentaje de potencial hidrógeno pH 15.81%, logrando obtener una muestra de agua final con 7.19. Esta información permite afirmar que las condiciones llevadas a cabo en el test de jarras, no altera en gran manera el

potencial hidrogeno pH de las muestras analizadas, la cual fué favorecida al incremento intermedio de las concentraciones y velocidades de rotación.

**Tabla 54. HSD Tukey Velocidad de rotación - Potencial de Hidrógeno.**

<b>RESULTADOS POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)</b>		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
Velocidad de rotación (RPM)	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
20	12	7,4642
30	12	7,5158
40	12	7,8283
Sig.		,313
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.		
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 55. HSD Tukey Concentración - Potencial de Hidrógeno.**

<b>RESULTADOS POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)</b>				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
Concentración de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
0.7	9	7,1256		9
0.5	9	7,3544		9
0.9	9	7,4189		9
00	9		8,5122	9
Sig.		,145	1,000	
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.				

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la prueba HSD Tukey (Tabla N°54) en el subconjunto 1 con un alfa de 0.05, las medias no presentan considerables diferencias significativas respecto a las velocidades de rotación (RPM), siendo el menor valor 7.4642 a 20 RPM, asimismo en la (Tabla N°55) nos muestra 3 subconjuntos con limitadas diferencias significativas a diferentes concentraciones de coagulante de nopal g/l + AgNPs 0.5 ml, resultado el menor valor 7.1256 °C a 0.7 g/l, concluyendo que a 20 RPM Y 0.7 g/l no altera significativamente el potencial hidrógeno (pH).

### 3.8 Evaluación en el equilibrio de la Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

Tabla 56. Resultados de las pruebas - Conductividad.

Medición de variación de la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )				
Velocidad de rotación (rpm)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20 RPM	745	830	842	839
30 RPM	765	829	825	835
40 RPM	750	845	833	841

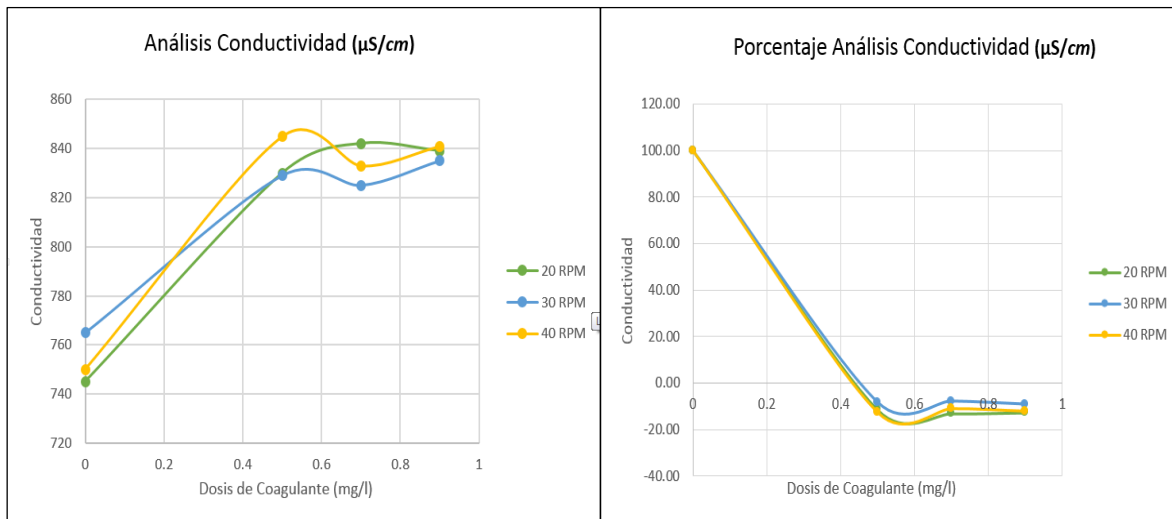
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57. Resultados porcentuales - Conductividad.

Medición de variación de la conductividad (% $\mu\text{S}/\text{cm}$ )				
Velocidad de rotación (rpm)	Dosis del coagulante de nopal (g/l) + (AgNPs) (0.5 ml)			
	0	0.5	0.7	0.9
20 RPM	100	11.41	13.02	12.62
30 RPM	100	8.37	7.84	9.15
40 RPM	100	12.67	11.07	12.13

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos se muestran en la (Tabla N° 56), donde se empleó el equipo Multiparámetro Hanna, Edge, el cual se utilizó para la medición de la conductividad inicial y final de cada respectiva muestra. Analizando las cifras se observa que las muestras tratadas lograron mantener la conductividad de las muestras analizadas observando valores cercanos a 842  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en relación al porcentaje de equilibrio 13.02 % (Tabla N° 57), el cual indica que cumple con el D.S 004 -2017 – MINAM, categoría 3 - D1, apta para el riego de cultivos.



**Gráfico N° 8: Resultados Conductividad.**

Asimismo se observa en la (Gráfico N° 8), que durante la primera corrida, aplicando una rotación de 20 RPM y una concentración de 0.7 g/l + 0.5 ml de AgNPs, se alcanzó el mayor porcentaje respecto a la conductividad 13.02 %, logrando obtener una muestra de agua final con 842  $\mu\text{S/cm}$ . Esta información permite afirmar que las condiciones llevadas a cabo en el test de jarras no alteran en gran medida y no sobrepasa el Estándar de Calidad Ambiental D.S 004 -2017 – MINAM, categoría 3 - D1, respecto a la conductividad de las muestras analizadas, la cual fué favorecida al incremento intermedio de las concentraciones y velocidades de rotación.

**Tabla 58. HSD Tukey Velocidad de rotación - Conductividad.**

RESULTADOS CONDUCTIVIDAD ( $\mu\text{S/cm}$ )		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
Velocidad de rotación (RPM)	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
20	12	813,25
30	12	814,17
40	12	817,25
Sig.		,964

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 59. HSD Tukey Concentración - Conductividad.**

<b>RESULTADOS CONDUCTIVIDAD (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
Concentración de nopal (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
0.7	9	753,44		9
0.5	9		833,56	9
0.9	9		834,11	9
00	9		838,44	9
Sig.		1,000	,471	
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.				

**Fuente: Elaboración propia.**

Se observa en la prueba HSD Tukey (Tabla N°58) en el subconjunto 1 con un alfa de 0.05, las medias no presentan considerables diferencias significativas respecto a las velocidades de rotación (RPM), siendo el menor valor 813.25  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 20 RPM, asimismo en la (Tabla N°59) nos muestra 3 subconjuntos con limitadas diferencias significativas a diferentes concentraciones de coagulante de nopal g/l + AgNPs 0.5 ml, resultado el menor valor 753.44  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 0.7 g/l, concluyendo que a 20 RPM Y 0.7 g/l no altera significativamente la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

#### IV. DISCUSIÓN

La aplicación del coagulante natural del nopal (*Opuntia ficus – indica*) extraído en polvo con nanopartículas de plata (AgNps) en el tratamiento de las aguas del Río Pisco, Comunidad Cabeza de Toro ha mantenido los valores del pH respecto a las muestras de agua analizadas en el laboratorio de la Universidad César Vallejo, hallándose en los intervalos de 7.02 y 7.96 unidades (Tabla N° 52 ); además los valores de temperatura se localizaron en los rangos de 22.0 y 22.5 °C (Tabla N° 48); lo cual está en concordancia con lo mencionado por Razuri, K. (2017), asimismo coincide con Villareal, J. (2000), el cual indica una conductividad eléctrica alta de 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respecto a los valores obtenidos en el rango de 829 y 845  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabla N° 56); igualmente se tomó en cuenta la turbidez, debido a la gran consideración sanitaria y medioambiental, el cual evidencia la presencia de coloides en las aguas mencionado por Marcos, et al. (2004), en la (Tabla N° 44) se aprecia la disminución significativa de 30 a 10 NTU, reduciendo en ello 66.6%, no obstante Quispe H. (2012) logró una eficiencia de 95.39% de turbidez, además de cumplir con el Estándar de Calidad Ambiental ( $\text{pH}= 6.5 - 8.5$ , Temperatura =  $\Delta 3^{\circ}\text{C}$ , Conductividad = 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Por otro lado en las (Tablas N° 3 y 4) muestran que los tratamientos con el nopal (*Opuntia ficus – indica*) poseen mejores resultados, utilizándolo como coagulante natural primario, tal como lo indica Jiménez, Vargas & Quirós. (2012), quien comparó el potencial de remoción del Sulfato de Aluminio  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  y (*Opuntia ficus – indica*) concluye que los dos coagulantes removieron más del 88% de color y DQO, del mismo modo lo reafirma González et al. (2015), logrando adquirir hasta 95.89% por lo que concluye que la especie (*Opuntia ficus – indica*) es efectiva en la clarificación de aguas, además de no alterar considerablemente el pH manteniéndolo en el rango establecido. En la presente investigación se aplicaron concentraciones de nopal (0.5, 0.7 y 0.9 g) y velocidades de rotación de 150 rpm durante 1 minuto, seguidamente (20, 30 y 40 rpm) durante 20 minutos, propuestas por Martínez, J. (2012), puesto que logró una remoción de 85.75 %, a partir de la aplicación del coagulante natural extraído de la especie *Opuntia* para la reducción de turbidez en las aguas a tratar, asimismo se adiciona nanopartículas de plata (AgNPs) (0.5 ml) como indica Franco, Moreno, & Camargo. (2008), el cual actúa como un potente biocida, sin embargo en las (Tablas N° 10 y 11) se puede apreciar los porcentajes de reducción de DQO en (69.05%)

coincidiendo con Apaza, H. (2013), no obstante la DBO5 redujo en (56.88%), siendo menor que el investigador en (15.8%), asimismo en la (Tabla N°24 Y 25) se analizó la bacteria *Escherichia Coli*, presentando valores iniciales a (>300 UFC), logrando el objetivo de eliminar totalmente dicha bacteria (00.00 UFC) mediante el mecanismo potencial biocida de las nanopartículas de plata (AgNps) adicionando (0.5 ml) a 20 rpm con una concentración de 0.7 g/l, dilución  $10^{-1}$  en la muestra, el cual eliminó al (100%), las bacterias presentes en el agua coincidiendo con Tarazona, R. & Peña, D. (2011), dicho resultado según Leiva, G. (2013), se logra debido al tamaño nanométrico de las nanopartículas de plata logrando penetrar las membranas biológicas de las células procariotas, finalmente en la (Tabla N°11,18 y 41 ) se aprecia la distribución exacta entre la relación de (DQO, DBO5, OD) en orden decreciente, ya que según Carbajal, P. (2016), la DQO es susceptible a oxidarse a través de la oxidación de la materia orgánica presentes en el agua, por lo tanto se aligera artificialmente, posteriormente sigue la DBO5 donde los microorganismos degradan la materia orgánica general durante 5 días Fernández, G. (2013) y finalmente el oxígeno disuelto, el cual mide las concentraciones de oxígeno disueltos en el agua Contreras y Molero, (2011). Se debe agregar que el nopal (*Opuntia ficus – indica*) con nanopartículas de plata (AgNps) ha logrado disminuir principalmente el contenido de DQO, DBO5 y *Escherichia Coli*, optando considerar que esto se debe al elevado contenido de mucílago presentes en el interior de la especie *Opuntia* como lo menciona Orozco, Yáñez & Hernández, (2006), de igual modo García, O. (2013), considera que el componente activo del nopal (*Opuntia ficus – indica*) son los heteropolisacáridos.

## V. CONCLUSIONES

- El rendimiento del nopal (*Opuntia ficus - indica*) extraído en polvo más nanopartículas de plata (AgNPs) concluyó en la reducción de carga orgánica y *Escherichia Coli*, obteniendo: demanda química de oxígeno (DQO) en un 69.05% de 88.25 a 27.27 mg/l, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en un 56.88% de 29.44 a 12.01 mg/l, oxígeno disuelto de 7.3 a 7.9 mg/l y *escherichia coli* (>300 UFC) a (0 UFC).
- Usando una velocidad de rotación de 20 rpm y una dosis de nopal (*Opuntia ficus - indica*) de 0.7 g/l adicionando 0.5 ml de nanopartículas de plata (AgNPs) se logró reducir eficientemente la carga orgánica de las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos, demanda química de oxígeno (DQO) (69.05%) mg/l, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) (56.88%) y oxígeno disuelto sin alteración de equilibrio de 7.3 a 7.9 mg/l.
- Usando una velocidad de rotación de 20 rpm y una dosis de nopal (*Opuntia ficus - indica*) de 0.7 g/l adicionando 0.5 ml de nanopartículas de plata (AgNPs) se logró reducir eficientemente las bacterias *escherichia coli* en las diluciones de  $10^0$ ,  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$  logrando resultados de (>300 UFC) a (0 UFC), actuando como un potente biocida.
- Los resultados obtenidos de carga orgánica y *escherichia coli*, fueron aceptables, debido a que lograron alcanzar el D.S 004 – 2017 MINAM categoría 3 - D1, apta para el riego de cultivos.



## VI. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda extraer grasas y aceites en la extracción del nopal en polvo (*Opuntia ficus – indica*), para obtener mejores resultados en la coagulación del agua.
- Se recomienda el uso y el cuidado de reactivos en buen estado, susceptibles a ser contaminados como el ácido sulfúrico concentrado  $H_2SO_4$ , debido a que puede generar problemas a futuro en los análisis experimentales como en la demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).
- Se recomienda en futuras investigaciones tener en cuenta el tiempo de reposo de la muestra, ya que puede influir considerablemente respecto a los antecedentes mencionados en minutos hasta horas, en la presente investigación se tomó el tiempo de reposo de 30 minutos.
- Se recomienda analizar el rendimiento de los coagulantes naturales aplicados en aguas residuales frente a coagulantes sintéticos como el sulfato de aluminio  $Al_2 (SO_4)_3$ .
- Se recomienda indagar procesos que permitan el aislamiento del principio activo del coagulante natural del nopal (*Opuntia ficus – indica*), con el objetivo de incrementar su rendimiento y eficiencia en la remoción de carga orgánica.

## VII. REFERENCIAS

- AGUILAR Ascon, Edwar. Utilización de las semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*) como ayudante de coagulación en el tratamiento del aguas. Tesis (Título de Ingeniero Sanitario). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental, 2010. 51 pp.
- AGUILAR Mendez, Angel. Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata: Efecto sobre *Colletotrichum gloesporioides*. Tesis (Doctor en Tecnología Avanzada). México D.F.: Instituto Politécnico Nacional, Facultad de Industrias Alimentarias, 2009. 17 pp.
- Análisis instrumental: Algunas herramientas de enseñanza-aprendizaje adaptadas al espacio europeo de educación superior por Sierra Alonso [et al.] Madrid: Netbiblo, 2009.75-80 pp.  
ISBN: 8497453778
- APAZA Aquino, Hugo. Tratamiento ecológico una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa. Tesis (Titulo en ingeniería en Biotecnología). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias Farmacéuticas, 2013. 81 pp.
- Aplicación del nopal (*Opuntia ficus - indica*) como coagulante primario de aguas residuales por Vaca Mier Mabel [et al]. México D.F: Revista AIDIS, 7(3): 210-216, Diciembre 2014.  
ISSN: 0718-378X.
- Avances en investigación y desarrollo en agua y saneamiento por Restrepo Inés [et al.]. Santiago de Cali: Universidad del Valle, 2007. 446 p.  
ISBN: 958-670-608-7.
- AULTON, Michael. La ciencia del diseño y las formas farmacéuticas.2.<sup>a</sup> ed. Madrid: Elsevier, 2004.pp 77.  
ISBN: 0443055173.
- BENEDICTO Córdova, Ana. Implicación de coloides y nanoparticulas en la migración de contaminantes en el medio ambiente. Tesis (Titulo en Doctor en Química). Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Química. 2013. 5 pp.

- BRANDT Brandt, Fabiola. Comportamiento del hormigón que tiene entre sus componentes moléculas de nanosílice, ante el ataque químico del sulfato de magnesio. Tesis (Ingeniería Civil). Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Civil, 2008. 91-93 pp.
- CAMPOS, Alfonso y MOLERO, Mariano. Calidad del agua trabajo de investigación del oxígeno disuelto (OD) [en línea]. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2011 [Fecha de consulta: 15 de abril de 2018]. Capítulo 1. Medio Ambiente: Concepto, Interdisciplinario, Estado Actual.  
Disponible en:  
[https://books.google.com.pe/books?id=xtvNPP8X6KAC&pg=PA179&dq=oxígeno+disuelto&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiiOZmX7LzaAhUly1kKHTqbAB\\_A4FBD0AQhGMAc#v=onepage&q=oxígeno%20disuelto&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=xtvNPP8X6KAC&pg=PA179&dq=oxígeno+disuelto&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiiOZmX7LzaAhUly1kKHTqbAB_A4FBD0AQhGMAc#v=onepage&q=oxígeno%20disuelto&f=false)  
ISSN: 978-84-362-6328-2.
- CARBAJAL Palacios, Patricia. Sustitución en la determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) y tratamiento de los residuos generados hacia un análisis sustentable. Tesis (Doctor en Ciencias Ambientales). Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química, 2016. 18 pp.
- CARDOSO, Patricia. Nano partículas de plata: obtención, utilización como antimicrobiana e impacto en el área de salud [en línea]. Diciembre-marzo 2016, n°. 58. [Fecha de consulta: 14 de Abril de 2018]. Disponible en:  
<http://revistapediatria.com.ar/wp-content/uploads/2016/04/260-Nanoparti%CC%81culas-de-plata.pdf>
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Pequeñas donaciones para el manejo ambiental, USA: Turrialba ,2006. 54 P.  
ISBN: 9977-57-419-7.
- CEREZAL, P y DUARTE, G. Utilización de cascaras en la elaboración de productos concentrados de tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller). Universidad de Antofagasta, 2005.
- CONTRERAS, Alfonso y MOLERO, Mariano. Calidad del agua trabajo de investigación del oxígeno disuelto (OD) [en línea]. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2011 [Fecha de consulta: 15 de abril de

2018]. Capítulo 1. Medio Ambiente: Concepto, Interdisciplinario, Estado Actual.

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=xtvNPP8X6KAC&pg=PA179&dq=oxigeno+disuelto&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiiioZmX7LzaAhUly1kKHTqbABA4FBD0AQhGMAc#v=onepage&q=oxigeno%20disuelto&f=false>

ISSN: 978-84-362-6328-2.

- Cuerpo de servicios: Ayudantes de oficio de la administración regional de Murcia por Crespo Tomas [et al]. Sevilla: Editorial MAD, S.L. 20006. 431 pp. ISBN: 84-665-2072-4.
- Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales por Delgadillo Oscar [et al.]. Cochabamba: Universidad Nacional de San Simón, 2010. 22 pp. ISBN: 978-99954-766-2-5.
- El nopal (*Opuntia ficus - indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua por Contreras Lozano Karen [et al]. Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista, 10(1):40-50, Junio 2015. ISSN: 1909-0455.
- ELIAS, Xavier. Reciclajes de Residuos Industriales [en línea]. Madrid: Díaz de Santos, 2012 [Fecha de consulta: 15 de abril de 2018]. Capítulo 4. Tipología de los residuos en orden a su reciclaje.

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=8yWSZEBqSXqC&pg=PA175&dq=solidos+totales+disueltos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj784Pykb3aAhUPzlkKHduuAawQ6AEINTAD#v=onepage&q=solidos%20totales%20disueltos&f=false>

ISBN: 978-84-9969-366-8.

- ESCOBAR Falconi, Vanessa. Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata por espectroscopia de infrarojos (FT-IR), UV- Vis, Absorción atómica de llama (FAAS) y microscopia de barrido electrónico (SEM). Tesis (Título en Ciencias Químicas). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2015.

- Estudio comparativo de la acción coagulante – floculante del mucilago (*Opuntia ficus -indica*) por los métodos: coagulación y electrocoagulación en los lixiviados del relleno sanitario pirgua de tunja por Castellanos Corredor María, 5(1): 44-55, Mayo, 2011.  
ISSN: 0718-378X.
- Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. El nopal (*Opuntia* SPP.) como forraje. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2003. 32 pp.  
ISSN: 1014-1227.
- Evaluación De la calidad del medio marino en bahía Pisco – Paracas por Jacinto Elena María [et al]. Lima: IMARPE, 1995. [Fecha de consulta: 3 de noviembre de 2017].  
Disponible en:  
[https://www.ucv.edu.pe/datafiles/FONDO%20EDITORIAL/Manual\\_ISO.pdf](https://www.ucv.edu.pe/datafiles/FONDO%20EDITORIAL/Manual_ISO.pdf)
- FERIA, Jhon, RODIÑO, Johana y GUTIERREZ, Guillermo. Comportamiento de la turbidez, PH, alcalinidad y color del agua del rio Sinú tratada con coagulantes naturales. *Universidad de Antioquia*, 1 (78): 112-118, Marzo 2016.  
ISSN: 0120-6230.
- FERNANDEZ Gordon, Sofia. Validación de los métodos de ensayo para DBO5 en aguas residuales, TPH, aceites y grasas en aguas residuales y suelos. Tesis (Título en Ingeniería Química). Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, 2013. 13 pp.
- FLORES Solano, Carlos. Aplicación de un ANOVA bifactorial y modelamiento en el tratamiento por floculación de aguas residuales del camal municipal de Andahuaylas. Tesis (Título en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Facultad de ingeniería industrial, 2014. 96 pp.
- FRANCO, Marina, MORENO, María y CAMARGO, María. Efectividad de las nanoparticulas de plata para eliminar patógenos en suelos regados con aguas residuales. México D.F: Instituto Politécnico Nacional.
- GARCIA Osuna, Hermilla. Identificación de pectinas y mucilago de cuatro variedades de nopal (*Opuntia ficus – indica* L.) Miller y su validación de su

- actividad hipoglucémica. Tesis (Título Doctor en Ciencias Biológicas). Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, 2013. 12 pp.
- HERNANDEZ, Luis y GONZALES, Claudio. Introducción al análisis experimental. Barcelona: Ariel S.A, 2002. pp. 46-47.  
ISBN: 9788434480438
  - JARA Santamaría, Verónica. Efecto antibacteriano del agua de plata sobre microorganismos indicadores de contaminación aislados de manos de manipuladores de alimentos de cuatro cafeterías de un centro de educación superior. (Título en Microbiología). Quito: Pontificia Universidad Católica, Facultad de Biotecnología, 2016.
  - JIMENEZ, Joaquín, Vargas, Maricruz y Quiroz, Noemí. Evaluación de la tuna (*Opuntia cochenillifera*) para la remoción de color en agua potable. *Tecnología en Marcha*, 25 (4): 56-62, Marzo 2012.
  - LEÓN, Jorge. Botánica de los cultivos tropicales. 3ª. ed. San José: Agroamérica, 2000. 79 p.  
ISSN: 92-9039-395-5.
  - LEIVA, Gerardo. Nanopartículas de plata: Tecnología para su obtención, caracterización y actividad biológica. *Investigación en discapacidad*, (2): 18-22, 2013.
  - LOZADA Gaytán, Manuel. Efecto de la temperatura y tiempo de extracción en el rendimiento y color del mucilago de nopal (*Opuntia ficus indica*). Tesis (Título en ingeniería Agroindustrial). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2015. 56 pp.
  - LOZANO, William. Calidad fisicoquímica del agua métodos simplificados para su muestreo de análisis. 1a. ed. Bogotá: Universidad piloto de Colombia, 2013. 58 pp.  
ISBN: 978-958-8957-28-9.
  - LOZANO, Willian y LOZANO, Guillermo. Potabilización del agua: Principio de diseño, control de procesos y laboratorio. 1a. ed. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia, 2015. 75-76 pp.  
ISBN: 9789588957180.

- MANAHAN, Stanley. Introducción a la química ambiental. 1a. ed. Barcelona: REVERTÉ, 2007. 218 pp.  
ISBN: 968-6708-60-X.
- MANAHAN, Stanley. Introducción a la química ambiental. 1a. ed. Barcelona: REVERTÉ, 2007. 219 pp.  
ISBN: 968-6708-60-X.
- MARÍN, Rafael. Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de la calidad de aguas. 1a. ed. Madrid: Diaz de Santos, 2003. 3 pp.  
ISBN: 84-7978-590-X.
- MARTINEZ García, Jasser. Evaluación del poder coagulante de la tuna (*Opuntia ficus indica*) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas. Tesis (Título en Ingeniería Química). Cartagena: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería Química, 2012. 96 pp.
- MOLINA Rodríguez, Emiro. Evaluación de coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo como sustituto del  $Al_2(SO_4)_3$  para clarificación de aguas. Tesis (Título de Magister en Ciencias Ambientales). Caribe: Sistemas de universidades estatales del caribe colombiano, Facultad de ingeniería ambiental, 2016. 76 pp.
- MOREJON Díaz, Bayro. Utilización del mucilago de tuna (*Opuntia ficus indica*) en el mejoramiento de la calidad de agua de consumo humano, en la comunidad de Pushir grande, provincia del Carchi. Tesis (Título de Magister en Gestión Sustentable de Recursos Naturales). Carchi: Universidad Técnica del Norte, Facultad de Recursos Naturales, 2017. 146 pp.
- OLIVERO Rafael, MERCADO Iván y MONTES Luz. Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucilago del nopal *Opuntia ficus – indica*. Producción + Limpia, 8 (1): 19-27, Enero - Julio, 2014.
- *Opuntia ficus indica* y *Opuntia wentiana*: Estudio comparativo sobre su efectividad como coagulantes en la clarificación de aguas por González Yoalis, Lorena [et al]. Maracaibo: Universidad Rafael Urdaneta, 1 (9): 81-89, Julio 2015.  
ISSN: 2343-6360.

- Orozco, Carlos, Yáñez, Jorge y Hernández, Elizabeth. Filtración tangencial del mucilago del nopal. *Ciencia y tecnología de alimentos*, 16 (3): 23-28, 2006.  
ISSN: 0864-4497.
- PAREDES, Octavio, GUEVARA, Fidel y BELLO, Luis. Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. 1a. ed. México D.F: Fondo de cultura económica, 2006.108 pp.
- Polysaccharides as Green and sustainable resources for water and wastewater por Oladoja A. Narudeen [et al.]. Nigeria: Osun, 2017. 21 pp.  
ISBN: 978-3-319-56598-9.
- Procesos naturales y antropogénicos asociados al evento de mortalidad de conchas de abanico ocurrido en la bahía de paracas (Pisco, Perú) en Junio del 2000\* por Cabello Torres Rita [et al]. Lima: Universidad Mayor de San Marcos, (9)2: 49-65, Junio 2000.  
ISSN: 1561-0837.
- Propiedades físicas del mucilago del nopal por Vargas Rodríguez, Lorena [et al]. Guanajato: Universidad de Guanajato, 26 (1): 8-11, Junio 2015.  
ISSN: 0188-6266.
- QUISPE Jiménez, Haydee. Aplicación del mucilago extraído del nopal (*Opuntia ficus indica*) en la clarificación del agua del rio Uchusuma. Tesis (Título en Ingeniería Química). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna. Facultad de ingeniería química, 2012. 106 pp.
- RAMIREZ, Ramón y MENDOZA, Leopoldo. Economía del agua en baja California. 1a. ed. Baja California: Universidad de Baja California, 2004. 117 pp.  
ISBN: 970-735-010-5.
- RAMÍREZ, María. Propiedades funcionales de hoy. 1a. ed. México, D.F: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 2017. 38 pp.  
ISBN: 978-84-945603-4-7.
- RAMOS, Raudel, SEPÚLVEDA, Rubén y VILLALOBOS, Francisco. El agua en el medio ambiente muestreo y análisis. 1a. ed. México: Plaza y Valdés, S.A., 2003.127 pp.  
ISBN: 970-9051-62-8.



- Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión por Guzmán Luis [et al]. Bogotá: Universidad de Cartagena, 15 (1): 253-262, Junio 2013.  
ISSN: 0123-4226.
- Reciclado y tratamiento de residuos por Cabildo, María [et al.]. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2000. 37- 40 pp.  
ISBN: 978-84-362-6006-9.
- Reciclado y tratamiento de residuos por Cabildo, María [et al.]. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2000. 40 pp.  
ISBN: 978-84-362-6006-9.
- RESTREPO Osorno, Hernán. Evaluación del proceso de coagulación – floculación de una planta de tratamiento de agua potable. Tesis (Titulo en Ingeniería de Minas). Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería de Minas, 2009. pp 10.
- RODRIGUEZ, Amadeo y AGUERA, Ana. Evaluación y seguimiento de plaguicidas en aguas subterráneas y superficiales, 2002. 117 pp.  
ISBN: 84-8240-565-9.
- SAENZ, Carmen. Utilización agroindustrial del nopal. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006. 15 pp.  
ISBN: 978-92-5-305518-0.
- SAENZ, Carmen. Utilización agroindustrial del nopal. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006. 146. pp.  
ISBN: 978-92-5-305518-0.
- SALAS Olivares, Héctor. Estudio comparativo de un coagulante natural frente a coagulantes químicos. Tesis (Titulo de Magister en Ingeniería Ambiental). Barcelona: Escuela técnica superior de ingenieros de cambios, canales y puertos de Barcelona, Facultad de Ingeniería Química, 2016. 16 pp.
- SCHIERE, Hans y VAN DER HOEK, Rein. Livestock keeping in urban áreas. A review of traditional technologies based on literature and field experiences. 1a. ed. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001. 49 pp.  
ISBN: 0254-6019.

- SCHORR, Michael y GALINDO, Moises. Estudios del desierto. 1a. ed. California: Universidad Autónoma de Baja California, 2006. 136 pp. ISBN: 970-701-734-1.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú. 10 de Abril de 2010. Disponible en: [www.senamhi.gob.pe/main\\_down.php?ub=est&id=hidro\\_monCalAgua\\_per\\_u08](http://www.senamhi.gob.pe/main_down.php?ub=est&id=hidro_monCalAgua_per_u08)
- Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. Rai, Mahendra. [et al]. Canada: Biotechnology Advances, 1 (27): 76-83, Enero: 2008.
- Síntesis electroquímica de nanopartículas de plata en presencia de un surfactante neutro por Blandón Lucas [et al]. Medellín: Universidad de Antioquia (569): 48-52, abril 2014.
- SORRENTINO, Andrea, GORRASI, Giuliana y VITTORIA, Vittoria. Potencial perspective of bio-nanocomposites for food packaging applications in the food sector, Universidad de salerno, 18 (2): 84-95, Febrero (2007).
- TARAZONA, Rafael y PEÑA, Diana. Estudio de la remoción de coliformes en aguas naturales utilizando un filtro tipo cartucho empacado con nanocompositos de fibras de fique con nanopartículas de plata. Tesis (Bachiller en Ingeniería Ambiental). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.  
Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/142255.pdf>
- TEJADA Tumba, Belén. Efecto del coagulante de tuna (*Opuntia ficus - indica*) en la calidad del agua del lado bajo del centro poblado San Antonio distrito de Moquegua en la provincia Mariscal Nieto Región Moquegua 2015. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Moquegua: Universidad José Carlos Mariátegui, Facultad Ingeniería Ambiental, 2015. 96 pp.
- Tratamiento físico – químico de aguas residuales coagulación floculación por Aguilar Miguel [et al.]. Murcia: Servicio de publicaciones, 2002. 46 pp. ISBN: 84-8371-308-X.
- Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la *M. Oleífera* como coagulante natural por Arnold Arias Hoyos [et al.]. Cauca: Colombia, 1: (29-39), Enero-Junio 2017. ISSN: 1909-9959.

- Tratamiento físico – químico de aguas residuales coagulación floculación por Aguilar Miguel [et al.]. Murcia: Servicio de publicaciones, 2002. 105 pp. ISBN: 84-8371-308-X.
- Unidad de innovación OCW. 18 de mayo del 2018. Disponible en: <http://www.um.es/innovacion/comunicacion-cierre-temporal-de-ocw/>
- Quantitative Electrolysis of aqueous copper (II) Sulfate-Learn Chemistry for circuit diagram electrolysis. 01 de mayo del 2018. Disponible en: <http://www.tciaffairs.net/circuit-diagram-electrolysis/quantitative-electrolysis-of-aqueous-copperii-sulfate-learn-chemistry-for-circuit-diagram-electrolysis/>
- URQUIA Callantes, Karina. Eficiencia de la tuna *Opuntia ficus – indica* frente a la *Moringa Oleífera*, en el tratamiento de aguas del Rio Huaycoloro, SJL - 2017. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad Ingeniería Ambiental, 2017. 77 pp.
- Utilización de tuna (*Opuntia ficus - indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas por Olivero Verbel Enrique [et al]. Bogotá: Universidad del Atlántico, 11 (1): 70-75, Junio 2014. ISSN: 1794-4953.
- VANDANA, Shiva. Las guerras del agua contaminación, privatización y negocio. 1a. ed. Barcelona: Romanya, 2004. 17 pp. ISBN: 84-7426-698-X.
- VARGAS Ramírez, Marco. Compactación de lodos en sedimentación discontinua. Tesis (Título en Ingeniería Química). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de ingeniería química, 2013. 3 pp.
- VILLAREAL, Jaime. Cucunubá modelo para un desarrollo sostenible. 1a. ed. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2000. 33 pp. ISBN: 958-9029-30-2.
- VILLABONA, Ángel, PAZ, Isabel y MARTÍNEZ, Jasser. Caracterización de la *Opuntia ficus – indica* para su uso como coagulante. *Instituto de Biotecnología*, 15 (1): 137-144, Junio 2015. ISSN: 0123-3475.
- VILLEGAS Casares, ACERETO Escoffie y VARGAS Quiñones. Análisis Ultravioleta Visible la teoría y la práctica en el ejercicio profesional 1.ª ed. Yucatán: Universidad Autónoma de Yucatán, 2006. 58 pp.

ISBN: 970-968-116-0

- VOET, Pratt. Fundamentos de Bioquímica. 2da. ed. Buenos Aires: Medica Panamericana, 2009. 31 pp.


ISBN: 978-950-06-2314-8.

- WALDRON, Keith. Advances in Biorefineries. Biomass and waste supply chain Exploitation. 1a. ed. Cambridge: Elsevier, 2014. 835 pp.

ISBN: 978-0-85709-521-3.


## ANEXOS

### Anexo 1: Ficha de Observación

TITULO:												
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO										Formato		
										Ficha		
										Fecha		
<b>Datos del responsable</b>				<b>Datos del Laboratorio</b>								
Nombre y Apellido:						Nombre del Laboratorio						
Teléfono:						Ubicación:						
Correo:						Teléfono:						
Fase	Fecha y Hora	Opuntia Ficus Indica		AgNPs		Parámetros Físico, Químico y Microbiológico del agua residual						
		Tamaño de partícula	Dosis	Tamaño de partícula	Dosis	SST	pH	Turbidez	DBO	DQO	Coliformes Totales	Coliformes fecales
Otras Observaciones:												

Fuente: Elaboración Propia de acuerdo al protocolo ANA.

## Anexo 2: Cadena de custodia

<b>TITULO:</b>													
		<b>REGISTO DE DATOS EN CAMPO</b>				<b>Formato:</b>							
						<b>Ficha:</b>				<b>1</b>			
		<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>				<b>Fecha:</b>							
<b>Datos del responsable</b>				<b>Datos del lugar de estudio</b>									
<b>Muestreado por:</b>						<b>Localidad:</b>							
<b>Teléfono:</b>						<b>Distrito:</b>							
<b>E-mail</b>						<b>Provincia:</b>							
						<b>Departamento.</b>							
Numero de envase	Ubicación	Tipo de envase	Tipo de agua	Fecha	Hora	Cantidad de muestra	Parámetros Físicos			Parámetros Químicos		Parámetros Microbiológicos	
							L	Conductividad	Temperatura	pH	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Demanda química de oxígeno (DQO)	E. Coli
<b>Observaciones:</b>													

### Anexo N° 3: Matriz de Consistencia.

RENDIMIENTO DEL NOPAL ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) CON NANOPARTICULAS DE PLATA (AgNPs) EN LA REDUCCION DE CARGA ORGANICA Y <i>Escherichia Coli</i> EN LAS AGUAS DEL RÍO PISCO 2018.				
TIPO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
GENERAL	¿Cuál es el rendimiento del nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) con nanoparticulas de plata (AgNPs) para la reducción de carga orgánica y <i>Escherichia Coli</i> en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018?	Determinar el rendimiento del nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) con nanoparticulas de plata (AgNPs) para la reducción de carga orgánica y <i>Escherichia Coli</i> en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.	El empleo del nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) con nanoparticulas de plata (AgNPs) será eficiente para la reducción de carga orgánica y <i>Escherichia Coli</i> en las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.	Las muestras serán recolectadas en envases de vidrio y plástico, respecto a lo solicitado por el laboratorio, la muestra serán 39 litros, el cual se tomara en el Río Pisco, comunidad cabeza de toro, en 3 puntos diferentes cada uno a 100 m de distancia para la elaboración del coagulante natural se reunirá 10 cladodios de nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ), finalmente por electrolisis se realizara la elaboración e nanoparticulas a escala nanométrica.
ESPECÍFICO	¿A qué velocidad de rotación y concentración de nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) con nanoparticulas de plata (AgNPs) reduce la carga orgánica de las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018?	Determinar la velocidad de rotación y concentración del nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) con nanoparticulas de plata (AgNPs) para la reducción de carga orgánica las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.	La Velocidad de rotación y concentración del nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) con nanoparticulas de plata (AgNPs) reducirá la carga orgánica de las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018	

	¿A qué velocidad de rotación y concentración de nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) con nanopartículas de plata (AgNPs) reduce la cantidad de bacterias <i>Escherichia Coli</i> en las diferentes diluciones de las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018?	Determinar a qué velocidad de rotación y concentración de nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) con nanopartículas de plata (AgNPs) reduce la cantidad de bacterias <i>Escherichia Coli</i> en las diferentes diluciones de las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.	La velocidad de rotación y concentración de nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) con nanopartículas de plata (AgNPs) reducirá la cantidad de bacterias <i>Escherichia Coli</i> en las diferentes diluciones de las aguas del Río Pisco para el riego de cultivos 2018.	
	¿La remoción de carga orgánica y <i>Escherichia Coli</i> al aplicar el nopal ( <i>Opuntia ficus - indica</i> ) con nanopartículas de plata (AgNPs) cumplirá el D.S 004-2017- MINAM, categoría 3 – D1?	Comparar los resultados obtenidos de carga orgánica y <i>Escherichia Coli</i> , con los parámetros establecidos por la normativa vigente D.S 004-2017- MINAM, categoría 3 – D1.	La remoción de carga orgánica y <i>Escherichia Coli</i> después del tratamiento de aguas cumplirá el D.S 004-2017- MINAM, categoría 3 – D1.	

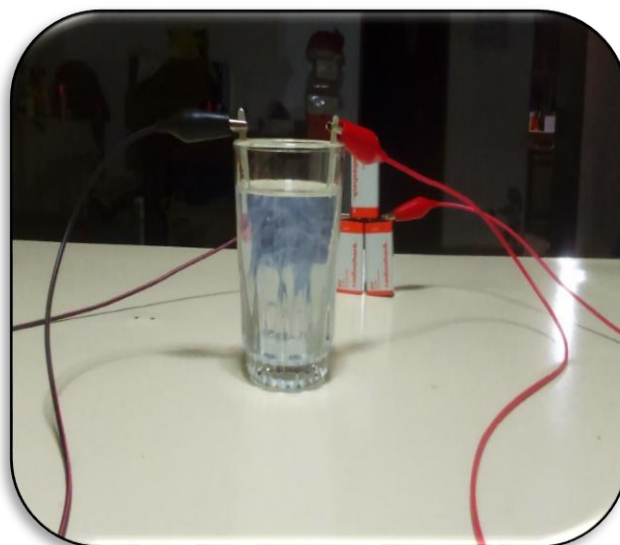
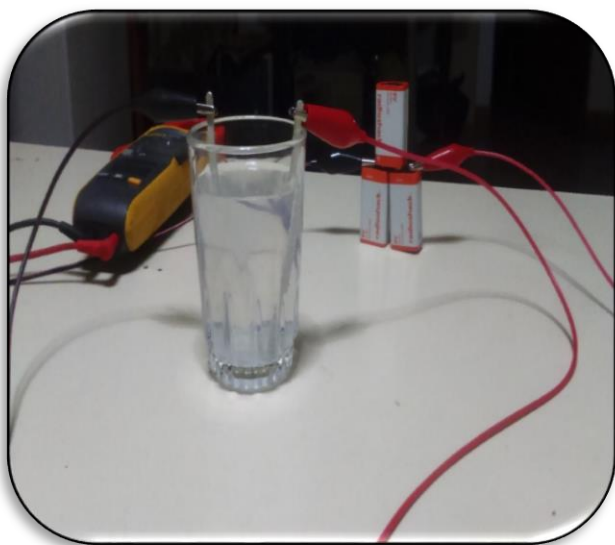


#### Anexo 4:

Coagulante en polvo (*Opuntia ficus - indica*)

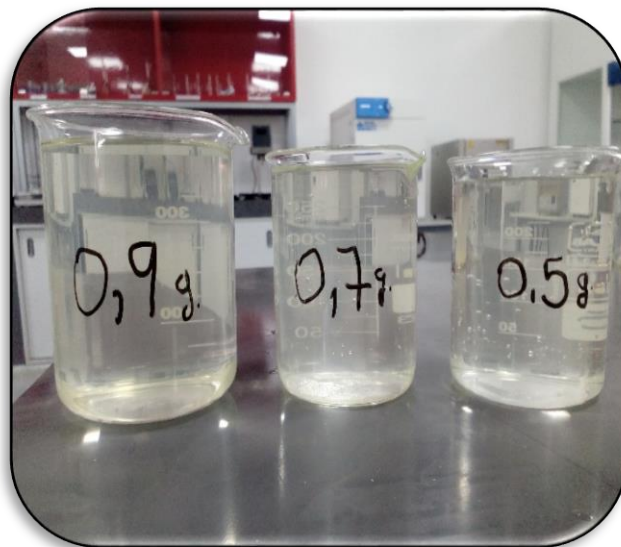
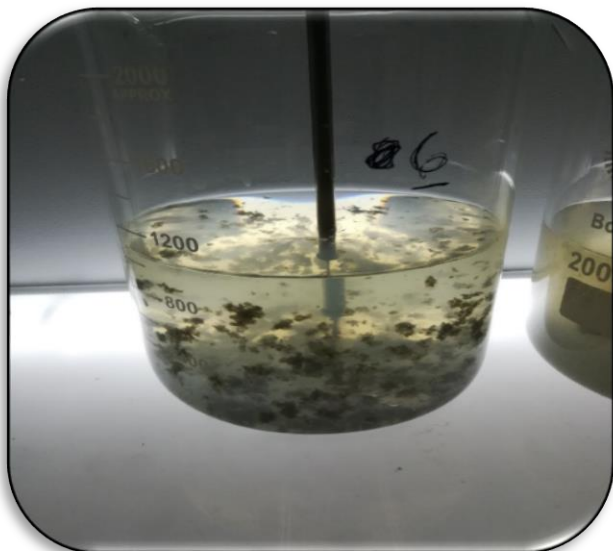


## Elaboración Nanopartículas de Plata (AgNPs)

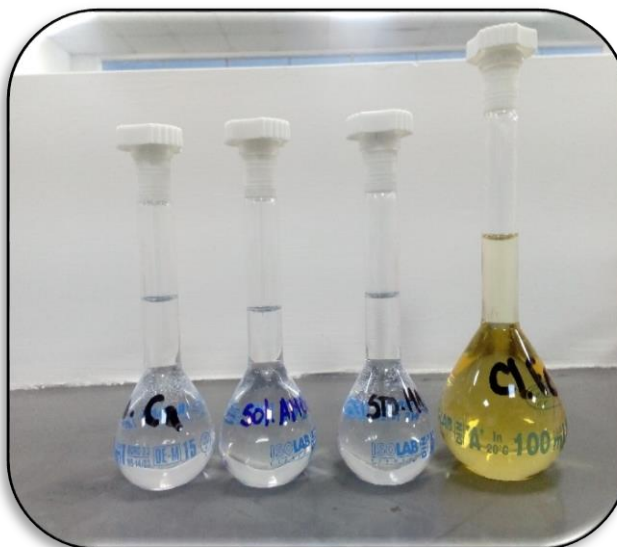




## Test de jarras

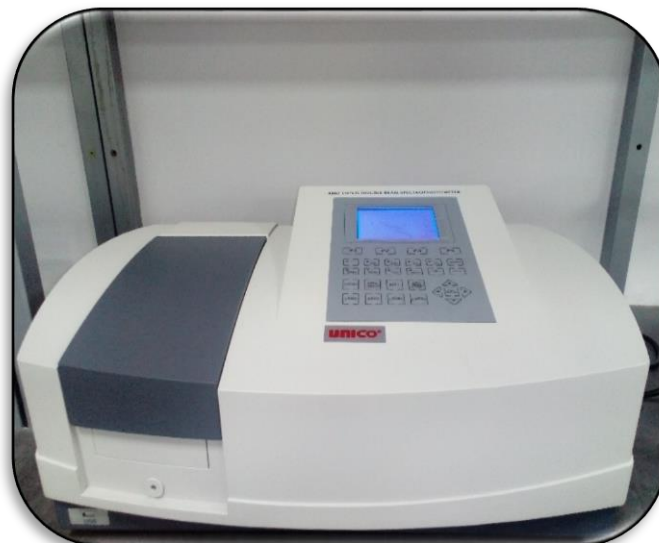
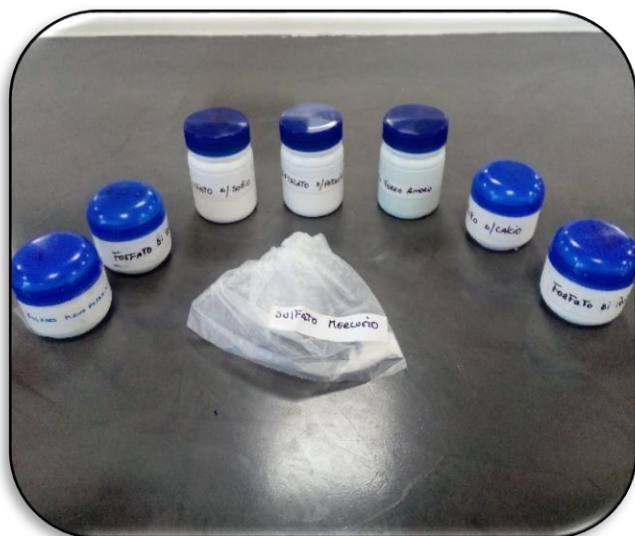


## Análisis Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

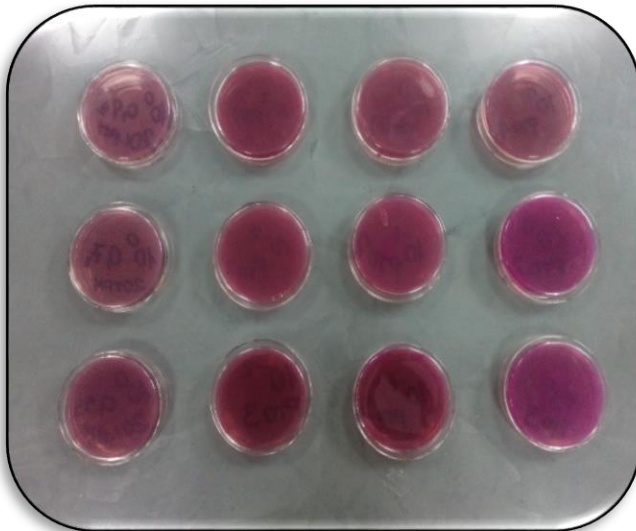
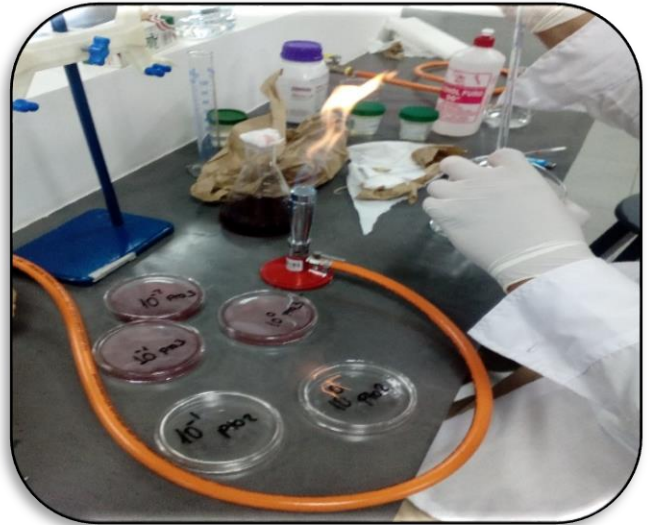




## Análisis Demanda Química de Oxígeno (DQO)



Determinación de *Escherichia Coli*.






## Anexo 5: Resultados punto 1 de muestreo

<b>Ensayo N° 001 – JAQ -2018</b> LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV INFORME DE RESULTADOS - MUESTREO DE AGUA					
<b>Dirección:</b>	Río Pisco - Ubicado en la Comunidad Cabeza de Toro, Distrito de Independencia, Provincia: Pisco y departamento de Ica.				
<b>Tipo de Ensayos:</b>	Análisis Fisicoquímicos.				
<b>Matriz:</b>	Agua Superficial - Río				
<b>Descripción de la Muestra:</b>	Muestras del Agua del Río Pisco - Antes de Tratamiento.				
<b>Muestra tomada por:</b>	Albujar Quispe, Jossep Hernan.				
<b>Fecha de ingreso de muestra:</b>	9/04/2018.				
<b>Lugar donde se realizó el ensayo:</b>	Laboratorio de Química – UCV.				


PUNTO N° 1		RESULTADOS			
PARÁMETRO	UNIDADES	Método	Muestra	Duplicado	Duplicado
POTENCIAL DE HIDROGENO PH	NUMÉRICO	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 HB.	9.13	8.1	8.13
TURBIDEZ	NTU	SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method. (2012)	35	32	30.00
TEMPERATURA	°C	Standard Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992.	20.5	19.3	20.10
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)	741	745	741.00
OXIGENO DISUELTO (OD)	mg/l	CANCELA A LA NMX-AA-012-1980	7.14	7.13	7.12
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/l	APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B	86.1	86.15	86.15
DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO (DBO5)	mg/l	APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B	22.3	22	22.10


---

Hitler Román Pérez  
TECNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL


---

Ing. Nuñez Pebe


## Anexo 6: Resultados punto 2 de muestreo

### Ensayo N° 002 – JAQ -2018

LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV  
INFORME DE RESULTADOS - MUESTREO DE AGUA

**Dirección:** Río Pisco - Ubicado en la Comunidad Cabeza de Toro, Distrito de Independencia, Provincia: Pisco y departamento de Ica.  
**Tipo de Ensayos:** Análisis Físicoquímicos.  
**Matriz:** Agua Superficial - Río  
**Descripción de la Muestra:** Muestras del Agua del Río Pisco - Antes de Tratamiento.  
**Muestra tomada por:** Albuja Quispe, Jossep Hernan.  
**Fecha de ingreso de muestra:** 9/04/2018.  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

PUNTO N° 2		RESULTADOS			
PARÁMETRO	UNIDADES	Método	Muestra	Duplicado	Duplicado
POTENCIAL DE HIDROGENO PH	NUMÉRICO	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 HB.	7.04	7.15	7.10
TURBIDEZ	NTU	SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method. (2012)	30.00	35.00	37.00
TEMPERATURA	°C	Standard Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992.	22.50	20.80	19.10
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)	995.00	998.00	998.00
OXIGENO DISUELTO (OD)	mg/l	CANCELA A LA NMX-AA-012-1980	7.11	7.10	7.10
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/l	APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B	89.15	88.98	89.09
DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/l	APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B	22.30	23.80	24.10

  
Hitler Román Pérez  
TECNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

  
Ing. Nuñez Pebe



## Anexo 7: Resultados punto 3 de muestreo

### Ensayo N° 003 – JAQ -2018

LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV  
 INFORME DE RESULTADOS - MUESTREO DE AGUA

**Dirección:** Río Pisco - Ubicado en la Comunidad Cabeza de Toro,  
 Distrito de Independencia, Provincia: Pisco y departamento de Ica.

**Tipo de Ensayos:** Análisis Fisicoquímicos.

**Matriz:** Agua Superficial - Río

**Descripción de la Muestra:** Muestras del Agua del Río Pisco - Antes de Tratamiento.

**Muestra tomada por:** Albuja Quispe, Jossep Hernan.

**Fecha de ingreso de muestra:** 9/04/2018.

**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

PUNTO N° 3		RESULTADOS			
PARÁMETRO	UNIDADES	Método	Muestra	Duplicado	Duplicado
POTENCIAL DE HIDROGENO PH	NUMÉRICO	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 HB.	8.14	8.16	8.16
TURBIDEZ	NTU	SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method. (2012)	32.00	34.00	35.00
TEMPERATURA	°C	Stándard Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992.	21.80	22.20	21.40
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)	725.00	725.00	724.00
OXIGENO DISUELTO (OD)	mg/l	CANCELA A LA NMX-AA-012-1980	7.14	7.11	7.15
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/l	APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B	76.92	76.92	76.40
DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO (DBO5)	mg/l	APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B	22.10	22.80	22.10

  
 Hitler Román Pérez

TECNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD  
 AMBIENTAL

  
 Ing. Nuñez Pebe

## Anexo 8: Resultados Pre-Tratamiento Microbiológico

<b>Ensayo N° 004 – JAQ -2018</b> LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV INFORME DE RESULTADOS - MUESTREO DE AGUA								
<b>Dirección:</b>		Río Pisco - Ubicado en la Comunidad Cabeza de Toro, Distrito de Independencia, Provincia: Pisco y departamento de Ica.						
<b>Tipo de Ensayos:</b>		Análisis microbiológico – <i>Escherichia Coli</i> (UFC/ml)						
<b>Matriz:</b>		Agua Superficial -Río						
<b>Descripción de la Muestra:</b>		Muestras del Agua del Río Pisco - Antes de Tratamiento.						
<b>Muestra tomada por:</b>		Albujar Quispe, Jossep Hernan.						
<b>Fecha de ingreso de muestra:</b>		9/04/2018.						
<b>Lugar donde se realizó el ensayo:</b>		Laboratorio de Química – UCV.						


  

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	dx 1	dx 0.1	dx 0.001	Resultado	Unidad de Medida
PUNTO N° 1	Muestra	Norte: 8482891.0	247.78	>300	>300	104	10400.00	UFC/ml
		Este: 0393608.5						
PUNTO N° 1	Duplicado	Norte: 8482891.0	247.78	>300	>300	109	10900.00	UFC/ml
		Este: 0393608.5						
PUNTO N° 1	Duplicado	Norte: 8482891.0	247.78	>300	>300	109	11900.00	UFC/ml
		Este: 0393608.5						
PUNTO N° 2	Muestra	Norte: 8482967.3	247.18	>300	>300	118	11800.00	UFC/ml
		Este: 0393455.0						
PUNTO N° 2	Duplicado	Norte: 8482967.3	247.18	>300	>300	121	12100.00	UFC/ml
		Este: 0393455.0						
PUNTO N° 2	Duplicado	Norte: 8482967.3	247.18	>300	>300	120	12000.00	UFC/ml
		Este: 0393455.0						
PUNTO N° 3	Muestra	Norte: 8483061.8	244.31	>300	>300	115	11500.00	UFC/ml
		Este: 0393277.4						
PUNTO N° 3	Duplicado	Norte: 8483061.8	244.31	>300	>300	114	11400.00	UFC/ml
		Este: 0393277.4						
PUNTO N° 3	Duplicado	Norte: 8483061.8	244.31	>300	>300	117	11700.00	UFC/ml
		Este: 0393277.4						


<b>Metodología de Análisis:</b>	Growth by interpolation of E.Coli bacteria in MacConkey Agar UFC / ml plate.
<b>Equipo Utilizado:</b>	COUNTER COLONY CC-1 BOECO
<b>Código interno:</b>	06-54091


---

Hitler Román Pérez  
TECNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL


---

Dr. Roger Iziga Goicochea

## Anexo 9: Resultados Post -Tratamiento pH

### Ensayo N° 005 – JAQ - 2018

LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV

INFORME DE RESULTADOS

AGUAS

**Dirección:** Río – Pisco, Comunicad Cabeza de Toro, Dtto: Independencia, Prov.: Pisco, Dpto.: Ica

**Tipo de Ensayo:** Análisis Fisicoquímico – PH.

**Tipo de Muestra:** Agua del Río Pisco.

**Descripción de la Muestra:** Muestra del agua del Río Pisco.

**Muestra tomada por:** Albujar Quispe, Jossep Hernan.

**Fecha de ingreso de la muestra:** 16/04/2018.

**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV

PH					
Rep.	Velocidad de Agitación (rpm)	Concentración de Coagulante (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)			
		0	0.5	0.7	0.9
1	20	8.54	7.01	7.19	7.04
	30	8.44	7.13	7.10	7.16
	40	8.53	7.74	7.05	7.92
2	20	8.55	7.87	7.18	7.02
	30	8.40	7.20	7.15	7.10
	40	8.55	7.77	7.06	7.96
3	20	8.52	7.10	7.17	7.00
	30	8.50	7.17	7.13	7.09
	40	8.58	7.78	7.10	7.90



Hitler Román Pérez

TÉCNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD  
AMBIENTAL



Ing. Nuñez Pebe

## Anexo 10: Resultados Post-Tratamiento Turbidez

### Ensayo N° 006 – JAQ - 2018

LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV  
INFORME DE RESULTADOS  
AGUAS

**Dirección:** Río – Pisco, Comunicad Cabeza de Toro, Dtto: Independencia, Prov.: Pisco,  
Dpto.: Ica

**Tipo de Ensayo:** Análisis Fisicoquímico – Turbidez (NTU).

**Tipo de Muestra:** Agua del Río Pisco.

**Descripción de la Muestra:** Muestra del agua del Río Pisco.

**Muestra tomada por:** Albujar Quispe, Jossep Hernan.

**Fecha de ingreso de la muestra:** 16/04/2018.

**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

TURBIDEZ (NTU)					
Rep.	Velocidad de Agitación (rpm)	Concentración de Coagulante (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)			
		0	0.5	0.7	0.9
1	20	30.0	19.0	10.0	18.0
	30	31.0	19.0	11.0	18.0
	40	32.0	20.0	12.0	17.0
2	20	30.0	19.0	10.0	18.0
	30	31.0	19.0	11.0	19.0
	40	32.0	22.0	12.0	17.0
3	20	31.0	18.0	11.0	17.0
	30	32.0	20.0	10.0	20.0
	40	33.0	21.0	11.0	18.0



Hitler Román Pérez

TÉCNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD  
AMBIENTAL



Ing. Nuñez Pebe

## Anexo 11: Resultados Post-Tratamiento Temperatura

### Ensayo N° 007 – JAQ - 2018

LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV  
INFORME DE RESULTADOS  
AGUAS

**Dirección:** Río – Pisco, Comunicad Cabeza de Toro, Dtto: Independencia, Prov.: Pisco, Dpto.: Ica

**Tipo de Ensayo:** Análisis Físicoquímico – Temperatura (°C).

**Tipo de Muestra:** Agua del Río Pisco.

**Descripción de la Muestra:** Muestra del agua del Río Pisco.

**Muestra tomada por:** Albuja Quispe, Jossep Hernan.

**Fecha de ingreso de la muestra:** 16/04/2018.

**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

TEMPERATURA (°C)					
Rep.	Velocidad de Agitación (rpm)	Concentración de Coagulante (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)			
		0	0.5	0.7	0.9
1	20	22.4	23.5	22.8	23.0
	30	22.0	22.0	22.1	22.2
	40	22.1	22.5	23.4	23.0
2	20	21.5	22.0	22.3	23.2
	30	21.0	22.3	22.3	21.9
	40	21.0	22.4	23.2	23.0
3	20	21.0	23.3	21.9	22.8
	30	22.0	22.1	22.5	21.5
	40	23.0	22.3	23.5	23.5



Hitler Román Pérez

TÉCNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD  
AMBIENTAL



Ing. Nuñez Pebe

## Anexo 12: Resultados Post-Tratamiento Conductividad

### Ensayo N° 008 – JAQ - 2018

LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV

INFORME DE RESULTADOS

AGUAS

**Dirección:** Río – Pisco, Comunicad Cabeza de Toro, Dtto: Independencia, Prov.: Pisco,  
Dpto.: Ica

**Tipo de Ensayo:** Análisis Fisicoquímico – Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

**Tipo de Muestra:** Agua del Río Pisco.

**Descripción de la Muestra:** Muestra del agua del Río Pisco.

**Muestra tomada por:** Albujar Quispe, Jossep Hernan.

**Fecha de ingreso de la muestra:** 16/04/2018.

**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

CONDUCTIVIDAD ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).					
Rep.	Velocidad de Agitación (rpm)	Concentración de Coagulante (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)			
		0	0.5	0.7	0.9
1	20	745	830	842	839
	30	765	829	825	835
	40	750	845	833	841
2	20	747	830	843	839
	30	764	828	826	836
	40	749	845	833	841
3	20	746	829	842	838
	30	765	827	824	835
	40	750	844	834	842



Hitler Román Pérez

TÉCNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD

AMBIENTAL



Ing. Nuñez Pebe

### Anexo 13: Resultados Post-Tratamiento Oxígeno Disuelto

#### Ensayo N° 009 – JAQ - 2018

LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV  
INFORME DE RESULTADOS  
AGUAS

**Dirección:** Río – Pisco, Comunicad Cabeza de Toro, Dpto: Independencia, Prov.: Pisco,  
Dpto.: Ica

**Tipo de Ensayo:** Análisis Fisicoquímico – Oxígeno Disuelto (mg/l).

**Tipo de Muestra:** Agua del Río Pisco.

**Descripción de la Muestra:** Muestra del agua del Río Pisco.

**Muestra tomada por:** Albujar Quispe, Jossep Hernan.

**Fecha de ingreso de la muestra:** 16/04/2018.

**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

OXIGENO DISUELTO (mg/l)					
Rep.	Velocidad de Agitación (rpm)	Concentración de Coagulante (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)			
		0	0.5	0.7	0.9
1	20	7.15	7.28	7.90	7.15
	30	7.30	7.40	7.85	7.15
	40	7.50	7.30	7.30	7.05
2	20	7.14	7.27	7.92	7.14
	30	7.31	7.41	7.85	7.14
	40	7.50	7.34	7.31	7.04
3	20	7.15	7.27	7.91	7.13
	30	7.30	7.42	7.84	7.13
	40	7.53	7.33	7.32	7.03



Hitler Román Pérez

TÉCNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD  
AMBIENTAL



Ing. Nuñez Pebe

## Anexo 14: Resultados Post-Tratamiento Demanda Química de Oxígeno

### Ensayo N° 010 – JAQ - 2018

LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV  
INFORME DE RESULTADOS  
AGUAS

**Dirección:** Río – Pisco, Comunicad Cabeza de Toro, Dpto: Independencia, Prov.: Pisco,  
Dpto.: Ica

**Tipo de Ensayo:** Análisis Físicoquímico – Demanda Química de Oxígeno (mg/l).

**Tipo de Muestra:** Agua del Río Pisco.

**Descripción de la Muestra:** Muestra del agua del Río Pisco.

**Muestra tomada por:** Albujar Quispe, Jossep Hernan.

**Fecha de ingreso de la muestra:** 16/04/2018.

**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)					
Rep.	Velocidad de Agitación (rpm)	Concentración de Coagulante (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)			
		0	0.5	0.7	0.9
1	20	88.12	32.73	27.27	45.45
	30	88.25	30.91	29.04	52.73
	40	88.05	32.73	29.09	54.55
2	20	88.05	32.73	27.27	45.45
	30	88.25	30.91	29.08	52.73
	40	88.12	32.70	30.91	55.18
3	20	88.12	32.95	27.25	45.22
	30	88.21	30.92	29.08	52.73
	40	88.05	32.73	29.09	54.55



Hitler Román Pérez

TÉCNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD  
AMBIENTAL



Ing. Nuñez Pebe



## Anexo 15: Resultados Post-Tratamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno

### Ensayo N° 011 – JAQ - 2018

LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV  
INFORME DE RESULTADOS  
AGUAS

**Dirección:** Río – Pisco, Comunicad Cabeza de Toro, Dtto: Independencia, Prov.: Pisco,  
Dpto.: Ica

**Tipo de Ensayo:** Análisis Físicoquímico – Demanda Biológica de Oxígeno (mg/l).

**Tipo de Muestra:** Agua del Río Pisco.

**Descripción de la Muestra:** Muestra del agua del Río Pisco.

**Muestra tomada por:** Albujar Quispe, Jossep Hernan.

**Fecha de ingreso de la muestra:** 16/04/2018.

**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO (DBO5)					
Rep.	Velocidad de Agitación (rpm)	Concentración de Coagulante (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)			
		0	0.5	0.7	0.9
1	20	27.85	15.41	12.01	18.75
	30	29.44	17.44	14.92	17.03
	40	29.44	19.65	15.84	21.62
2	20	27.89	15.30	12.05	18.76
	30	29.44	17.41	14.98	17.05
	40	29.40	19.67	15.85	21.63
3	20	27.80	15.43	12.04	18.77
	30	29.45	17.45	14.89	17.03
	40	29.00	19.68	15.84	21.64



Hitler Román Pérez

TÉCNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD  
AMBIENTAL



Ing. Nuñez Pebe

## Anexo 16: Resultados Post-Tratamiento *E. Coli*

**Ensayo N° 0012 – JAQ - 2018**  
LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA – UCV  
INFORME DE RESULTADOS  
AGUAS

**Dirección:**

(RIO PISCO)

Ubicado en la Comunidad Cabeza de Toro, Distrito de Independencia, Provincia: Pisco, Dpto. de Ica.

**Tipo de Ensayos:**

Análisis Microbiológico.

**Tipo de Muestras:**

Agua del Rio Pisco.

**Descripción de la Muestra:**

Muestras del Agua del Rio Pisco – Punto 2.

**Muestra tomada por:**

Albujar Quispe, Jossep Hernan.

**Fecha de ingreso de muestra:**

20/04/2018.

**Lugar donde se realizó el ensayo:**

Laboratorio de biotecnología – UCV.

<b><i>Escherichia Coli</i> (UFC/ml)</b>													
Rep.	(rpm)	Concentración de Coagulante (g/l) + AgNPs 0.5 (ml)											
		0			0.5			0.7			0.9		
		dx1	dx0.1	dx0.001	dx1	dx0.1	dx0.001	dx1	dx0.1	dx0.001	dx1	dx0.1	dx0.001
1	20	>300	>300	12000	5	--	--	4	--	--	8	--	--
	30	>300	>300	12700	8	--	--	6	--	--	9	--	--
	40	>300	>300	12800	9	--	--	9	--	--	9	--	--
2	20	>300	>300	12400	6	--	--	4	--	--	8	--	--
	30	>300	>300	12600	6	--	--	5	--	--	8	--	--
	40	>300	>300	12900	6	--	--	8	--	--	8	--	--
3	20	>300	>300	12700	7	--	--	5	--	--	8	--	--
	30	>300	>300	12500	7	--	--	5	--	--	9	--	--
	40	>300	>300	13200	7	--	--	9	--	--	9	--	--

Hitler Román Pérez

TECNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD

Dr. Roger Iziga Goicochea

## Anexo 17: Resultado de Espectroscopia UV/VIS (AgNPs)

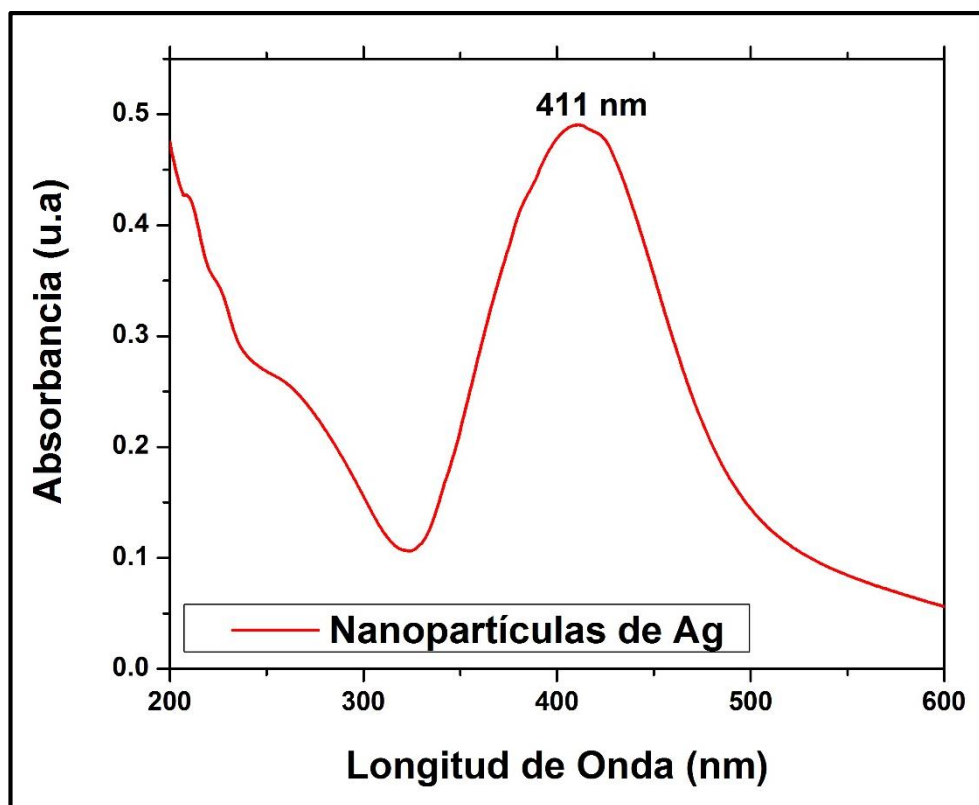


Fig.1. Espectro de absorción de la muestra de Nanopartículas de Plata.

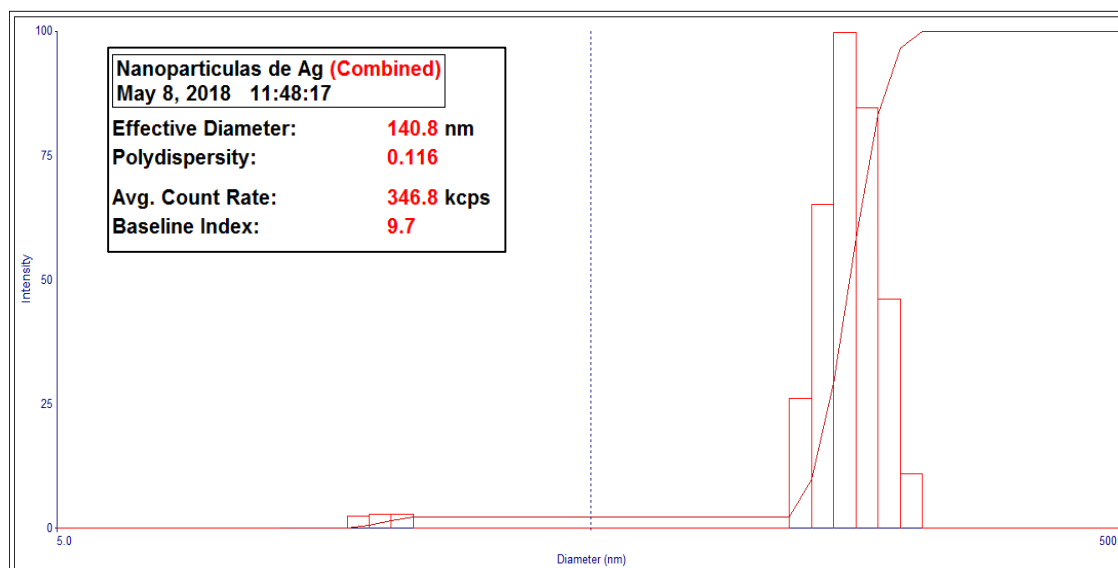


Fig.2. Diagrama de dispersión de tamaños medidos por la técnica de DLS de la muestra de Nanopartículas de Plata.

Nº de repeticiones	Diámetro efectivo (nm)	Polidispersidad
1	141.2	0.130
2	141.4	0.091
3	140.0	0.129
Promedio	140.8	0.116

## Anexo 18: Resultado Espectrometría de absorción atómica (AgNPs)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

### ANALISIS DE SOLUCIÓN CON PLATA COLOIDAL

SOLICITADO POR : JOSSEP HERNAN ALBUJAR QUISPE

Recepción de muestra : Lima, 11 de Junio del 2018

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRA

Muestra	Ag (mg/L)
Solución con plata coloidal	20.13

Lima, 19 de Junio del 2018



MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

## Anexo 19: Resultados Análisis Foliar del nopal (*Opuntia ficus - indica*).

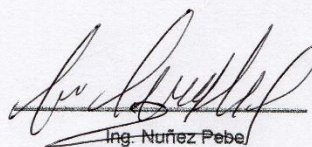
**Ensayo N° 019 – JAQ -2018**  
LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV  
INFORME DE RESULTADOS  
AGUAS

**Dirección:** (RIO PISCO)  
Ubicado en la Comunidad Cabeza de Toro, Distrito de Independencia, Provincia: Pisco y departamento de Ica.

**Tipo de Ensayos:** Análisis Foliar  
**Tipo de Muestras:** Cladodio (*Opuntia ficus – indica*).  
**Descripción de la Muestra:** Cladodio (*Opuntia ficus – indica*). Cabeza de Toro.  
**Muestra tomada por:** Albuja Quispe, Jossep Herman.  
**Fecha de ingreso de muestra:** 9/04/2018.  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

Análisis Foliar					
Parámetros	Resultados	Unidades	Niveles en cladodios		Metodología
			Deficit	Adecuado	
Nitrógeno (N)	1.82	%	1.40	1.50-2.00	Kjeldahl
Fósforo (P)	0.20	%	0.05	0.1 - 0.3	Colorimetria

  
Hitler Román Pérez  
TECNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD  
AMBIENTAL

  
Ing. Nuñez Pebe



## Anexo 20: Resultados Fisicoquímicos del nopal (*Opuntia ficus - indica*)

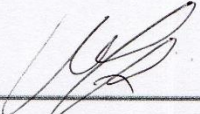
### Ensayo N° 020 – JAQ -2018


LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV  
INFORME DE RESULTADOS  
AGUAS

**Dirección:** (RÍO PISCO)  
Ubicado en la Comunidad Cabeza de Toro, Distrito de Independencia, Provincia: Pisco y departamento de Ica.


**Tipo de Ensayos:** Análisis Fisicoquímico del nopal  
**Tipo de Muestras:** Cladodio (*Opuntia ficus – indica*).  
**Descripción de la Muestra:** Cladodio (*Opuntia ficus – indica*). Cabeza de Toro.  
**Muestra tomada por:** Albuja Quispe, Jossep Herman.  
**Fecha de ingreso de muestra:** 9/04/2018.  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

Análisis Fisicoquímicos					
Parámetros	Resultados	Unidades	Niveles en cladodios		Metodología
			Deficit	Adecuado	
PH	6.89	1-14	< 6	6.00-8.00	Potenciométrico
Granulometría	0.03	mm	--	--	Mecánico granulométrico
Humedad	8.00	%	--	--	Gravimétrico

  
Hitler Román Pérez  
TECNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD  
AMBIENTAL

  
Ing. Nuñez Pebe

## Anexo 21: Certificados de calibración de equipos.



### Electrode Quality Certificate

Electrode:	Parameter:	SN:	Firmware:	Recommended for:
HI11310	pH/Temperature	036734	1.04	HI2020

Description: Digital, glass body, double junction, pH/temperature electrode

Hanna Instruments certifies that this electrode has been produced, calibrated and tested to meet all applicable Hanna procedures, using standards and reference instruments, the accuracy of which is traceable to the National Institute of Standards (NIST) in the USA or to internationally acceptable national physical standards. The standards and reference instruments used in calibration and testing are supported by a calibration system which meets requirements of ISO 9001.


Standard Reference Materials:	pH:	185h, 186g, 187e, 189c, 191d, 2193a [NIST]
External/Internal reference devices*:	°C:	NT0-031 [NIST Certified Thermometers Set]
	KΩ/MΩ:	SN#148047ADH [Megohmmeter]

Tests performed using reference devices:

mV (@ 25 °C):	Offset (7.01 pH) [mV]:	0.0	
	Tolerance [mV]:	± 5	
	Reading [mV]:	-3.0	<b>PASSED</b>
	Slope (4.01 pH) [mV]:	177.5	
	Tolerance [mV]:	170.4 - 177.5	
	Reading [mV]**:	175.7	<b>PASSED</b>
mV response time (4.01 pH → 7.01 pH)***:	Standard time [s]:	< 1	<b>PASSED</b>
	Tolerance [s]:	+ 1	
Temperature:	Ref. Temp. [°C]:	5.0      25.0      50.0	
	Tolerance [°C]:	± 0.4      ± 0.4      ± 0.4	
	Readings [°C]:	5.0      25.0      50.1	<b>PASSED</b>
Temperature response time (25 °C → 50 °C)***:	Standard time [s]:	< 45	
	Tolerance [s]:	+ 10	
	Reading [s]:	25	<b>PASSED</b>
Glass impedance (@ 25 °C):	Tolerance [MΩ]:	100 - 300	<b>PASSED</b>
Reference impedance (@ 25 °C):	Maximum value [KΩ]:	10	<b>PASSED</b>

\*) All references are periodically checked and are used only if are inside certification interval; NP = not performed.  
 \*\*) Offset compensated.  
 \*\*\*) Evaluated for 50 % of step.

Quality control and testing criteria have been met.

Date:	2016-09-23	Inspector:	Jarca Vestița / Engineer
			(Name / Title of Signatory)
		Signature:	

CERTELECT\_pH\_temp\_11310\_rev.0.1.1
page 1 of 1

Hanna Instruments Inc. 584 Park East Drive Woonsocket, RI 02895  
[www.hannainst.com](http://www.hannainst.com)





## Instrument Quality Certificate

Instrument: HI5521  
Serial No: F0106342

Factory Calibration: 5/19/2016  
Software version: 1.0

Description: pH/Conductivity Bench Meter

Hanna Instruments certifies that this Instrument has been produced, calibrated and tested to meet all applicable Hanna Procedures, using standards and reference instruments, the accuracy of which is traceable to the National Institute of Standards (NIST) in the USA or to internationally acceptable national physical standards. The standards and reference instruments used in calibration and testing are supported by a calibration system which meets requirements of ISO9001.

Standard Materials: EC/TDS: SRM 2201, SRM 2202 [NIST]  
pH: 185h, 186h, 187e, 189c, 191d, 2193a [NIST]  
Reference Devices: NIST Certified Thermometer set, Water Bath, SIM TP8427  
Supplied with probes: HI 76312, HI1131B, HI7662  
Tests performed using reference devices

Temperature (simulated)							Passed
Ref. Temp [°C]	0.0	25°C	50°C	100°C			
Tolerance [°C]	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1			
Reading Ch1 [°C]	0.0	25.0	50.0	100.0			
Reading Ch2 [°C]	0.0	25.1	50.1	100.0			
mV (simulated)							Passed
Ref [mV]	-1800	-1000	-177.5	0	177.5	1000	1800
Tolerance [mV]			±0.2				
Reading Ch1 [mV]	-1799.9	-1000.1	-177.6	0	177.4	999.9	1799.8
EC (simulated)							Passed
Ref EC :	10.00µS	1.000mS	10.00mS	100.0mS	500.0mS		
Tolerance :	±0.04	±0.004	±0.04	±0.4	±4		
Reading Ch2:	9.97	0.998	9.99	100	499		

Tests performed using supplied probes, according to specifications

Temperature							Passed
Ref. Temp [°C]	5.2	24.1	55.7				
Tolerance [°C]	±0.2	±0.2	±0.2				
Reading Ch1 [°C]	5.0	24.2	55.8				
Reading Ch2 [°C]	4.9	24.2	55.8				
EC @ 25°							Passed
Ref EC [µS/cm]	0.00	1413	12880				
Tolerance [µS/cm]		± 1% of reading					
Reading [µS/cm]	0	1414	12880				
PH @ 25°C							Passed
Ref pH :	4.01	7.01	10.01				
Tolerance [pH]		± 0.05 pH					
Reading Ch1 [pH]	3.99	7.02	10.03				

All references are periodically checked and are used only if certified.  
Quality control and testing have been met.

Inspector: Luz Zapata  
Date: 5/24/2016

Approval:

Production Manager

HI552X cert rev. 1.1

Hanna Instruments Inc. 584 Park East Drive Woonsocket, RI 02895  
www.hannainst.com

QCERT1





sartorius

## Certificate of Conformity

### Material Origin Certificate

#### arium® Type H2O | 613 Cartridge Kits

We hereby declare that the products below are manufactured to meet the published specifications for these products. We also declare that the products listed below have been manufactured from approved materials of construction and comply with design and manufacturing documentation.

arium® Cartridge Kit Product Numbers include:

H2O-A-Pack, H2O-B-Pack, H2O-E-Pack, H2O-U-Pack, H2O-C-Pack, H2O-S-Pack and  
613CPF05-----V

Cartridge housings are constructed of 100% virgin polypropylene. Where applicable, the semiconductor (i. E. Electronics) grade ion exchange resin supplied in these cartridge kits is certified to be new and to produce 18.2 megohms x cm ultrapure water corrected to 25°C<sup>1</sup>.

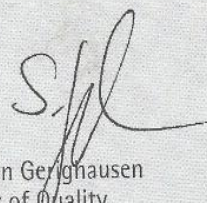
Furthermore, we declare, to the best of our knowledge, that the products listed do not contain any hazardous material as supplied<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Feed water quality must comply with published limits set by Sartorius Stedim Biotech GmbH.  
Resistivity measurements are based on Sartorius Stedim Biotech GmbH specifications

<sup>2</sup> Dispose in accordance with applicable country, state and/or local regulations

June 2015

Date

i.v. S.   
Dr. Susan Gerlghausen  
Director of Quality

85037-638-67 : SL-9027-e150703 : Ver. 07 | 2015





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

### 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

ALBUJAR QUISPE, JOSSEP HERNAN

D.N.I.

47327449

Domicilio

Urb. los VITECOS N° 17 LOTE 17 CONAS

Teléfono

Fijo

2886641

Móvil

935153765

E-mail

JOSEPHQUISPE7@gmail.com

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

☒ Tesis de Pregrado

Facultad

INGENIERIA

Escuela

INGENIERIA AMBIENTAL

Carrera

INGENIERIA AMBIENTAL

Título

INGENIERO AMBIENTAL

☐ Tesis de Post Grado

☐ Maestría

Grado

Mención

☐ Doctorado

### 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

ALBUJAR QUISPE, JOSSEP HERNAN

Título de la tesis:

RENDIMIENTO DEL NOPAL (OPUNTIA FICUS INDICA) CON NANOPARTÍCULAS DE PLATA (AgNPs)  
EN LA REDUCCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y ESCHERICHIA COLI EN LAS AGUAS DEL RÍO PISCO  
2018.

Año de publicación

2018-I

### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis



Firma

Fecha

14-9-18





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD

SOLICITA:

DIGITALIZACIÓN  
DE TESIS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ALBUJAR Luis PE, JOSSEP HERNAN con DNI N° 47327449 domiciliado (a) en  
Urb. LOS VITEADOS No H Lote 17 COMAS  
ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2018-I del programa ...INGENIERÍA  
AMBIENTAL... Identificado con el código de matrícula N° 7000462102 de la Escuela de  
Ingeniería Ambiental, recorro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

APROBACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN DE  
TESIS.

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de  
justicia.



Lima, 08 de 09 de 2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Rendimiento del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) en la reducción de carga orgánica y *escherichia coli* en las aguas del Río Pisco 2018”

Río Pisco 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

ALBUJAR QUISPE JOSSEP HERNAN

6%

## Resumen de coincidencias

1 repositorio.ucv.edu.pe  
Fuente de Internet

repositorio.ucv

2

2 zalamati.azc.uam.mx Fuente de Internet

zaloamati.azc.  
Fuente de Internet

7

3 revistas.javeriana.edu.  
Fuente de Internet

revistas.javeriana

7

5 [www.minproduce.gob.pe](http://www.minproduce.gob.pe)  
Fuente de Internet

www.minprodu  
Fuente de Internet

1

6  
ceajalisco.gob.mx  
Fuente de Internetceajalisco.gob  
Fuente de Internet

7

7 [www.udistrital.edu.co](http://www.udistrital.edu.co)  
Centro de Internet

[www.udistrital.edu.co](http://www.udistrital.edu.co)

7

8  
www.urbe.edu  
Conta da Internet

www.urbe.edu

7

9  
es.slideshare.net

es.slideshare.net

7

17 Entregado a Escuela P... <1% >



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD  
DE TESIS

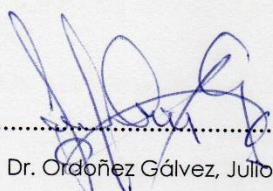
Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 11-06-2018  
Página : 1 de 1

Yo, **JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Sede Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada:

“Rendimiento del nopal (*Opuntia ficus - indica*) con nanopartículas de plata (AgNPs) en la reducción de carga orgánica y *eschericha coli* en las aguas del Río Pisco 2018”, del (de la) estudiante **Albujar Quispe, Jossep Hernan**, constató que la investigación tiene un índice de similitud de **6%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 11 de junio de 2018

  
.....  
Dr. Ordoñez Gálvez, Julio  
DNI:

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------